

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

①① N° de publication : **3 065 326**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
②① N° d'enregistrement national : **17 70372**
⑤① Int Cl⁸ : **H 01 Q 1/12 (2017.01)**

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ PROCÉDE POUR REGLAGE AUTOMATIQUE D'UNE ANTENNE PASSIVE ACCORDABLE ET D'UNE UNITE D'ACCORD, ET APPAREIL POUR COMMUNICATION RADIO UTILISANT CE PROCÉDE.

②② Date de dépôt : 12.04.17.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la demande : 19.10.18 Bulletin 18/42.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 12.04.19 Bulletin 19/15.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ 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) : TEKCEM Société par actions simplifiée.

⑦④ Mandataire(s) : TEKCEM.

FR 3 065 326 - B1



Procédé pour réglage automatique d'une antenne passive accordable et d'une unité d'accord, et appareil pour communication radio utilisant ce procédé

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

5 L'invention concerne un procédé pour régler automatiquement une ou plusieurs antennes passives accordables et une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, par exemple une antenne passive accordable et une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique d'un émetteur radio. L'invention concerne aussi un appareil pour communication radio utilisant ce procédé, par exemple un émetteur-récepteur radio.

10 ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Une antenne passive accordable comporte au moins un dispositif de contrôle d'antenne ayant au moins un paramètre ayant un effet sur une ou plusieurs caractéristiques de ladite antenne passive accordable, ledit au moins un paramètre étant réglable, par exemple par moyen électrique. Régler une antenne passive accordable signifie régler au moins un dit au moins un
15 paramètre. Chacune des dites une ou plusieurs caractéristiques peut par exemple être une caractéristique électrique telle qu'une impédance à une fréquence spécifiée, ou une caractéristique électromagnétique telle qu'un diagramme de directivité à une fréquence spécifiée. Une antenne passive accordable peut aussi être appelée "antenne reconfigurable" (en anglais : "reconfigurable antenna"). Certains auteurs considèrent trois classes d'antenne passive
20 accordable : les antennes agiles en polarisation (en anglais : "polarization-agile antennas"), les antennes à diagramme reconfigurable (en anglais : "pattern-reconfigurable antennas") et les antennes agiles en fréquence (en anglais : "frequency-agile antennas"). L'état de l'art concernant les antennes agiles en fréquence est par exemple décrit dans l'article de A. Petosa intitulé "An Overview of Tuning Techniques for Frequency-Agile Antennas", publié dans *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 54, No. 5, en octobre 2012. Comme expliqué dans cet article, de nombreux types de dispositif de contrôle d'antenne peuvent être utilisés pour contrôler une ou plusieurs caractéristiques d'une antenne passive accordable. Un dispositif de contrôle d'antenne peut par exemple être :

- un interrupteur ou commutateur contrôlé électriquement, auquel cas un paramètre du
30 dispositif de contrôle d'antenne ayant un effet sur une ou plusieurs caractéristiques de l'antenne passive accordable peut être l'état de l'interrupteur ou commutateur ;

- un dispositif à impédance réglable, auquel cas un paramètre du dispositif de contrôle d'antenne ayant un effet sur une ou plusieurs caractéristiques de l'antenne passive accordable peut être la réactance ou l'impédance, à une fréquence spécifiée, du dispositif à impédance
35 réglable ; ou

- un actionneur disposé pour produire une déformation mécanique de l'antenne passive accordable, auquel cas un paramètre du dispositif de contrôle d'antenne ayant un effet sur une ou plusieurs caractéristiques de l'antenne passive accordable peut être une longueur de la déformation.

5 Si un dispositif de contrôle d'antenne est un interrupteur ou commutateur contrôlé électriquement, il peut par exemple être un relais électromécanique, ou un interrupteur micro-électromécanique (en anglais: "MEMS switch"), ou un circuit utilisant une ou plusieurs diodes PIN ou un ou plusieurs transistors à effet de champ à grille isolée (MOSFETs) comme dispositifs de commutation.

10 Un dispositif à impédance réglable est un composant comprenant deux bornes qui se comportent sensiblement comme les bornes d'un bipôle linéaire passif, et qui sont par conséquent caractérisées par une impédance qui peut dépendre de la fréquence, cette impédance étant réglable.

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

- 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, ou des diodes PIN ou des transistors à effet de champ à grille isolée, utilisés pour faire contribuer différents condensateurs ou différents tronçons de ligne de transmission en circuit ouvert du réseau à la réactance ; ou

25 - 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.

30 Un dispositif à impédance réglable ayant une réactance réglable par moyen électrique peut être tel qu'il procure, à une fréquence donnée, un ensemble continu de valeurs de réactance, cette caractéristique pouvant par exemple être 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").

35 De nombreux procédés existent pour régler automatiquement une ou plusieurs antennes passives accordables. Certains de ces procédés sont applicables à un émetteur radio, par exemple le procédé divulgué dans le brevet des États-Unis d'Amérique numéro 5,225,847 intitulé "Automatic antenna tuning system". Certains de ces procédés sont applicables à un récepteur

radio, par exemple le procédé divulgué dans le brevet des États-Unis d'Amérique numéro 7,463,870 intitulé "Receiver circuit and control method".

Un premier exemple de procédé pour régler automatiquement une antenne passive accordable, applicable à un émetteur radio, est mis en oeuvre dans le système d'antenne automatique montré sur la figure 1. Ce système d'antenne automatique est similaire à celui qui est divulgué dans ledit brevet des États-Unis d'Amérique numéro 5,225,847. Le système d'antenne automatique montré sur la figure 1 a un accès utilisateur (31), l'accès utilisateur présentant, à une fréquence donnée, une impédance appelée "l'impédance présentée par l'accès utilisateur", le système d'antenne automatique comportant :

- 10 une antenne passive accordable (1), l'antenne passive accordable comportant au moins un dispositif de contrôle d'antenne, une ou plusieurs caractéristiques de l'antenne passive accordable étant contrôlées en utilisant ledit au moins un dispositif de contrôle d'antenne, ledit au moins un dispositif de contrôle d'antenne ayant au moins un paramètre ayant un effet sur les dites une ou plusieurs caractéristiques, ledit au moins
- 15 un paramètre étant réglable par moyen électrique ;
- une unité de détection (3) délivrant deux "signaux de sortie d'unité de détection", chacun des signaux de sortie d'unité de détection étant déterminé par une variable électrique captée (ou mesurée) à l'accès utilisateur ;
- une liaison d'antenne (2) ayant une première extrémité couplée à un accès signal de
- 20 l'antenne passive accordable, la liaison d'antenne ayant une seconde extrémité couplée à l'accès utilisateur, à travers l'unité de détection ;
- une unité de traitement du signal (5), l'unité de traitement du signal estimant q quantités réelles dépendantes de l'impédance présentée par l'accès utilisateur, où q est un entier supérieur ou égal à 1, en utilisant les signaux de sortie d'unité de détection obtenus
- 25 pour une excitation appliquée à l'accès utilisateur, l'unité de traitement du signal délivrant une "instruction de réglage" en fonction des dites q quantités réelles dépendantes de l'impédance présentée par l'accès utilisateur ; et
- une unité de contrôle (6), l'unité de contrôle recevant l'instruction de réglage de l'unité de traitement du signal (5), l'unité de contrôle délivrant des "signaux de contrôle", les
- 30 signaux de contrôle étant déterminés en fonction de l'instruction de réglage, chacun des dits paramètres étant principalement déterminé par au moins un des signaux de contrôle.

Malheureusement, il a été découvert qu'une antenne passive accordable ne procure souvent qu'une médiocre faculté d'accord, si bien qu'il n'est souvent pas possible d'obtenir que le système d'antenne automatique montré sur la figure 1 puisse réduire suffisamment ou annuler toute variation de l'impédance présentée par l'accès utilisateur, causée par une variation d'une fréquence d'opération, et/ou causée par la fameuse interaction utilisateur.

Ce problème est résolu dans un second exemple de procédé pour régler automatiquement une antenne passive accordable, applicable à un émetteur radio, qui est mis en oeuvre dans le

système d'antenne automatique montré sur la figure 2. Ce système d'antenne automatique est similaire à celui qui est divulgué dans le neuvième mode de réalisation de la demande de brevet français numéro 14/00666 du 20 mars 2014 et de la demande PCT numéro PCT/IB2015/051644 du 6 mars 2015 (WO 2015/140660). Le système d'antenne automatique montré sur la figure 2

5 a un accès utilisateur (31), l'accès utilisateur présentant, à une fréquence donnée, une impédance appelée "l'impédance présentée par l'accès utilisateur", le système d'antenne automatique comportant :

- 10 une antenne passive accordable (1), l'antenne passive accordable comportant au moins un dispositif de contrôle d'antenne, une ou plusieurs caractéristiques de l'antenne passive accordable étant contrôlées en utilisant ledit au moins un dispositif de contrôle d'antenne, ledit au moins un dispositif de contrôle d'antenne ayant au moins un paramètre ayant un effet sur les dites une ou plusieurs caractéristiques, ledit au moins un paramètre étant réglable par moyen électrique ;
- 15 une unité de détection (3) délivrant deux "signaux de sortie d'unité de détection", chacun des signaux de sortie d'unité de détection étant déterminé par une variable électrique captée (ou mesurée) à l'accès utilisateur ;
- 20 une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4) ayant un accès d'entrée et un accès de sortie, l'accès d'entrée étant couplé à l'accès utilisateur à travers l'unité de détection, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant p dispositifs à impédance réglable, où p est un entier supérieur ou égal à un, les p dispositifs à impédance réglable étant appelés les "un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord" et étant tels que, à ladite fréquence donnée, chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord a une réactance, la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs
- 25 dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord étant réglable par moyen électrique ;
- une liaison d'antenne (2) ayant une première extrémité couplée à un accès signal de l'antenne passive accordable, la liaison d'antenne ayant une seconde extrémité couplée à l'accès de sortie ;
- 30 une unité de traitement du signal (5), l'unité de traitement du signal estimant q quantités réelles dépendantes de l'impédance présentée par l'accès utilisateur, où q est un entier supérieur ou égal à 1, en utilisant les signaux de sortie d'unité de détection obtenus pour une excitation appliquée à l'accès utilisateur, l'unité de traitement du signal délivrant une "instruction de réglage" en fonction des dites q quantités réelles
- 35 dépendantes de l'impédance présentée par l'accès utilisateur ; et
- une unité de contrôle (6), l'unité de contrôle recevant l'instruction de réglage de l'unité de traitement du signal (5), l'unité de contrôle délivrant des "signaux de contrôle", les signaux de contrôle étant déterminés en fonction de l'instruction de réglage, la

réactance de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord étant principalement déterminée par au moins un des signaux de contrôle, chacun des dits paramètres étant principalement déterminé par au moins un des signaux de contrôle.

5 Ce second exemple de procédé pour régler automatiquement une antenne passive accordable peut procurer une excellente faculté d'accord. Malheureusement, il peut être montré qu'un réglage de l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique obtenu en utilisant ce second exemple de procédé pour régler automatiquement une antenne passive accordable n'est typiquement pas proche d'un accord optimal, lorsque les pertes dans l'unité d'accord à
10 accès d'entrée unique et accès de sortie unique ne sont pas très faibles.

Ainsi, il n'y a pas de solution connue au problème de régler automatiquement une antenne passive accordable couplée à un émetteur radio, d'une façon qui procure : une bonne faculté d'accord, en utilisant une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique ; et un réglage de l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique qui est proche
15 d'un accord optimal, lorsque ses pertes ne sont pas très faibles.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

L'invention a pour objet un procédé pour régler automatiquement une ou plusieurs antennes passives accordables et une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, dépourvu des limitations mentionnées ci-dessus des techniques connues, et aussi un appareil
20 pour communication radio utilisant ce procédé.

Dans la suite, X et Y étant des quantités ou variables différentes, effectuer une action en fonction de X n'exclut pas la possibilité d'effectuer cette action en fonction de Y. Dans la suite, "ayant une influence" et "ayant un effet" ont le même sens. Dans la suite, "couplé", lorsque ce terme est appliqué à deux accès (au sens de la théorie des circuits), peut indiquer que les accès
25 sont directement couplés, chaque terminal d'un des accès étant dans ce cas connecté à (ou, de façon équivalente, en contact électrique avec) un et un seul des terminaux de l'autre accès, et/ou que les accès sont indirectement couplés, une interaction électrique différente du couplage direct existant dans ce cas entre les accès, par exemple à travers un ou plusieurs composants.

Le procédé selon l'invention est un procédé pour régler automatiquement une ou plusieurs
30 antennes passives accordables et une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique ayant un accès d'entrée et un accès de sortie, les une ou plusieurs antennes passives accordables et l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique étant des parties d'un appareil pour communication radio, l'appareil pour communication radio permettant, à une fréquence donnée,
35 un transfert de puissance depuis l'accès d'entrée jusqu'à un champ électromagnétique rayonné par les une ou plusieurs antennes passives accordables, le procédé comportant les étapes suivantes :

généraliser un ou plusieurs “signaux de contrôle d’antenne”, chacune des une ou plusieurs antennes passives accordables comportant au moins un dispositif de contrôle d’antenne, une ou plusieurs caractéristiques de ladite chacune des une ou plusieurs antennes passives accordables étant contrôlées en utilisant ledit au moins un dispositif

5 de contrôle d’antenne, ledit au moins un dispositif de contrôle d’antenne ayant au moins un paramètre ayant une influence sur les dites une ou plusieurs caractéristiques, ledit au moins un paramètre étant réglable par moyen électrique, ledit au moins un paramètre étant principalement déterminé par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d’antenne ;

10 appliquer une excitation à l’accès d’entrée ;
estimer q quantités réelles dépendantes d’une impédance vue par l’accès de sortie, où q est un entier supérieur ou égal à un, en utilisant ladite excitation ; et
généraliser un ou plusieurs “signaux de contrôle d’accord”, en fonction des dites q quantités réelles dépendantes d’une impédance vue par l’accès de sortie, l’unité d’accord à accès

15 d’entrée unique et accès de sortie unique comportant p dispositifs à impédance réglable, où p est un entier supérieur ou égal à un, les p dispositifs à impédance réglable étant appelés les “un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l’unité d’accord” et étant tels que, à la fréquence donnée, chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l’unité d’accord a une réactance, la réactance de

20 n’importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l’unité d’accord étant réglable par moyen électrique, la réactance de n’importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l’unité d’accord étant principalement déterminée par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d’accord.

La fréquence donnée peut par exemple être une fréquence supérieure ou égale à 150 kHz.

25 Le spécialiste comprend que l’impédance vue par l’accès de sortie est un nombre complexe, et qu’une impédance présentée par l’accès d’entrée est un nombre complexe. Nous utiliserons Z_{Sortie} pour désigner l’impédance vue par l’accès de sortie, et Z_U pour désigner l’impédance présentée par l’accès d’entrée.

Chacune des une ou plusieurs antennes passives accordables a un accès, appelé “l’accès

30 signal” de l’antenne passive accordable, qui peut être utilisé pour recevoir et/ou pour émettre des ondes électromagnétiques. Chacune des une ou plusieurs antennes passives accordables comporte au moins un dispositif de contrôle d’antenne, qui peut comporter une ou plusieurs autres bornes utilisées pour d’autres connexions électriques. Il est supposé que chacune des une ou plusieurs antennes passives accordables se comporte, à la fréquence donnée, par rapport à

35 son accès signal, sensiblement comme une antenne passive, c’est-à-dire comme une antenne qui est linéaire et qui n’utilise pas d’amplificateur pour amplifier des signaux reçus par l’antenne ou émis par l’antenne. Soit N le nombre des une ou plusieurs antennes passives accordables. En conséquence de la linéarité, en ne considérant, pour chacune des une ou plusieurs antennes

passives accordables, que son accès signal, il est possible de définir : si N est égal à un, une impédance présentée par les une ou plusieurs antennes passives accordables ; et si N est supérieur ou égal à 2, une matrice impédance présentée par les une ou plusieurs antennes passives accordables, cette matrice étant une matrice carrée d'ordre N .

5 Comme dit plus haut dans la section sur l'état de la technique antérieure, chacune des dites une ou plusieurs caractéristiques peut par exemple être une caractéristique électrique telle qu'une impédance à une fréquence spécifiée, ou une caractéristique électromagnétique telle qu'un diagramme de directivité à une fréquence spécifiée.

10 Il est dit plus haut que l'appareil pour communication radio permet, à la fréquence donnée, un transfert de puissance depuis l'accès d'entrée jusqu'à un champ électromagnétique rayonné par les une ou plusieurs antennes passives accordables. En d'autres termes, l'appareil pour communication radio est tel que, si une puissance est reçue par l'accès d'entrée à la fréquence donnée, une partie de ladite puissance reçue par l'accès d'entrée est transférée à un champ électromagnétique rayonné par les une ou plusieurs antennes passives accordables à la fréquence
15 donnée, si bien qu'une puissance du champ électromagnétique rayonné par les une ou plusieurs antennes passives accordables à la fréquence donnée est égale à ladite partie de ladite puissance reçue par l'accès d'entrée. Par exemple, le spécialiste sait qu'une puissance du champ électromagnétique rayonné par les une ou plusieurs antennes passives accordables (puissance rayonnée moyenne) peut être calculée comme le flux de la partie réelle d'un vecteur de Poynting
20 complexe du champ électromagnétique rayonné par les une ou plusieurs antennes passives accordables, à travers une surface fermée contenant les une ou plusieurs antennes passives accordables.

Pour obtenir que l'appareil pour communication radio permette, à la fréquence donnée, un transfert de puissance depuis l'accès d'entrée jusqu'à un champ électromagnétique rayonné par
25 les une ou plusieurs antennes passives accordables, au moins une des une ou plusieurs antennes passives accordables peut par exemple être couplée, directement ou indirectement, à l'accès de sortie. Plus précisément, pour au moins une des une ou plusieurs antennes passives accordables, l'accès signal de l'antenne passive accordable peut par exemple être couplé, directement ou indirectement, à l'accès de sortie. Par exemple, un couplage indirect peut être un couplage à
30 travers une liaison d'antenne et/ou à travers une unité de détection et/ou à travers un combineur de puissance ou un diviseur de puissance. Pour des valeurs convenables des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord et des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne, ledit transfert de puissance depuis l'accès d'entrée jusqu'à un champ électromagnétique rayonné par les une ou plusieurs antennes passives accordables peut par exemple être un transfert de puissance avec
35 des pertes faibles ou négligeables ou nulles, cette caractéristique étant préférée.

Selon l'invention, chacune des dites q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie peut par exemple être une quantité réelle représentative de l'impédance vue par l'accès de sortie.

Selon l'invention, chacune des dites q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie peut par exemple être sensiblement proportionnelle au module, ou à la phase, ou à la partie réelle, ou à la partie imaginaire de l'impédance vue par l'accès de sortie, ou de l'inverse de l'impédance vue par l'accès de sortie (c'est-à-dire, l'admittance vue par l'accès de sortie), ou d'un coefficient de réflexion à l'accès de sortie.

Le spécialiste voit une différence fondamentale entre la méthode de l'état de l'art antérieur mise en oeuvre dans le système d'antenne automatique montré sur la figure 2, d'une part, et l'invention, d'autre part. Dans ladite méthode de l'état de l'art antérieur, des quantités réelles dépendantes de l'impédance présentée par l'accès utilisateur sont utilisées pour accorder automatiquement l'impédance présentée par l'accès utilisateur. Ceci signifie que ladite méthode de l'état de l'art antérieur utilise une structure de commande en boucle fermée (asservissement), dans laquelle les quantités réelles dépendantes de l'impédance présentée par l'accès utilisateur sont utilisées pour obtenir des signaux de contrôle, qui déterminent la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord, et qui par conséquent déterminent l'impédance présentée par l'accès utilisateur. Au contraire, la méthode selon l'invention utilise une structure de commande en boucle ouverte pour obtenir les un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, parce que les q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie sont utilisées pour obtenir les un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, les un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord ayant une influence sur la réactance de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord, les un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord n'ayant aucune influence sur l'impédance vue par l'accès de sortie.

La section II de l'article de F. Broydé et E. Clavelier intitulé "Some Properties of Multiple-Antenna-Port and Multiple-User-Port Antenna Tuners", publié dans *IEEE Trans. on Circuits and Systems — I: Regular Papers*, Vol. 62, No. 2, pages 423-432, en février 2015, explique qu'il existe une application (au sens mathématique) notée f_U et définie par

$$f_U(Z_{Sant}, X_1, \dots, X_p) = Z_U \quad (1)$$

où, les un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord étant numérotés de 1 à p , pour tout entier j supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à p , nous notons X_j la réactance du dispositif à impédance réglable de l'unité d'accord numéro j , à la fréquence donnée. Ici, Z_{Sant} est évidemment indépendante des variables réelles X_1, \dots, X_p , alors que l'équation (1) montre que Z_U dépend des variables réelles X_1, \dots, X_p . Ceci nous permet de clarifier ladite différence fondamentale entre ladite méthode de l'état de l'art antérieur et l'invention, dans chacune desquelles chacune des variables réelles X_1, \dots, X_p est principalement déterminée par au moins un des "signaux de contrôle" ou "signaux de contrôle d'accord". Ladite méthode de l'état de l'art antérieur utilise une structure de commande en boucle fermée (aussi appelée asservissement) parce qu'elle est telle que des quantités réelles dépendantes de Z_U sont utilisées

pour obtenir des signaux de contrôle et donc pour déterminer les variables réelles X_1, \dots, X_p , et ainsi pour modifier Z_U selon l'équation (1). Au contraire, l'invention utilise une structure de commande en boucle ouverte pour obtenir les un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, parce que des quantités réelles dépendantes de Z_{Sant} sont utilisées pour obtenir les un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord et donc pour déterminer les variables réelles X_1, \dots, X_p , qui n'ont aucune influence sur Z_{Sant} . On peut aussi dire qu'une commande en boucle ouverte est utilisée pour générer les un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord.

Selon l'invention, puisque des quantités réelles dépendantes de Z_{Sant} sont utilisées pour obtenir un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord et donc pour déterminer les variables réelles X_1, \dots, X_p , l'équation (1) indique que les un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord peuvent être utilisés pour contrôler Z_U , si l'application f_U est connue. Plus généralement, les un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord peuvent être utilisés pour contrôler Z_U , en utilisant un modèle convenable de l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique. Ainsi, selon l'invention, il est possible que les un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord soient tels que l'impédance présentée par l'accès d'entrée, calculée en utilisant l'équation (1), réduise ou minimise la valeur absolue de l'image de l'impédance présentée par l'accès d'entrée par une fonction, la fonction étant une fonction complexe d'une variable complexe. Par exemple, si nous définissons une impédance recherchée, l'impédance recherchée étant notée Z_W , ladite fonction peut être notée g et définie par

$$g(Z_U) = Z_U - Z_W \quad (2)$$

l'image de Z_U par la fonction étant dans ce cas une différence d'impédances, ou définie par

$$g(Z_U) = Z_U^{-1} - Z_W^{-1} \quad (3)$$

l'image de Z_U par la fonction étant dans ce cas une différence d'admittances, ou définie par

$$g(Z_U) = (Z_U - Z_W) (Z_U + Z_W)^{-1} \quad (4)$$

l'image de Z_U par la fonction étant dans ce cas un coefficient de réflexion en tension à l'accès d'entrée. Nous notons que chacune de ces fonctions est telle que $g(Z_W)$ est nulle.

Le spécialiste comprend que les un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne ont un effet sur chacun des dits paramètres, si bien qu'ils peuvent avoir une influence sur l'impédance vue par l'accès de sortie, et sur l'impédance présentée par l'accès d'entrée. Dans la phrase précédente, "chacun des dits paramètres" signifie clairement "chaque dit au moins un paramètre de chaque dit au moins un dispositif de contrôle d'antenne de chacune des une ou plusieurs antennes passives accordables".

Par exemple, il est possible qu'une commande en boucle ouverte soit utilisée pour générer chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne. De façon équivalente, il est par

exemple possible qu'une structure de commande en boucle ouverte soit utilisée pour générer chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne. Cette caractéristique possible sera expliquée ci-dessous dans les présentations du quatrième mode de réalisation, du cinquième mode de réalisation, du dixième mode de réalisation et du douzième mode de réalisation.

5 Un appareil mettant en oeuvre le procédé selon l'invention est un appareil pour communication radio comportant :

une ou plusieurs antennes passives accordables, chacune des une ou plusieurs antennes passives accordables comportant au moins un dispositif de contrôle d'antenne, une ou plusieurs caractéristiques de ladite chacune des une ou plusieurs antennes passives accordables étant contrôlées en utilisant ledit au moins un dispositif de contrôle d'antenne, ledit au moins un dispositif de contrôle d'antenne ayant au moins un paramètre ayant une influence sur les dites une ou plusieurs caractéristiques, ledit au moins un paramètre étant réglable par moyen électrique ;

10 une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique ayant un accès d'entrée et un accès de sortie, l'appareil pour communication radio permettant, à une fréquence donnée, un transfert de puissance depuis l'accès d'entrée jusqu'à un champ électromagnétique rayonné par les une ou plusieurs antennes passives accordables, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant p dispositifs à impédance réglable, où p est un entier supérieur ou égal à un, les p dispositifs à impédance réglable étant appelés les "un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord" et étant tels que, à la fréquence donnée, chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord a une réactance, la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord étant réglable par moyen électrique ;

20 une unité de détection délivrant un ou plusieurs "signaux de sortie d'unité de détection", chacun des un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection étant principalement déterminé par une ou plusieurs variables électriques ;

25 une unité d'émission et de traitement du signal, l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant une ou plusieurs "instructions de réglage d'antenne", l'unité d'émission et de traitement du signal appliquant une excitation à l'accès d'entrée, l'unité d'émission et de traitement du signal estimant q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, où q est un entier supérieur ou égal à un, en utilisant les un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection, l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant une ou plusieurs "instructions de réglage d'unité d'accord", les une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord étant déterminées en fonction des dites q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie ; et

30 une unité de contrôle, l'unité de contrôle délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'antenne" aux une ou plusieurs antennes passives accordables, chacun des un ou

plusieurs signaux de contrôle d'antenne étant déterminé en fonction d'au moins une des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne, chacun des dits paramètres étant principalement déterminé par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne, l'unité de contrôle délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord" à l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord étant déterminé en fonction d'au moins une des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord, la réactance de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord étant principalement déterminée par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord.

Dans la phrase précédente, "chacun des dits paramètres" signifie clairement "chaque dit au moins un paramètre de chaque dit au moins un dispositif de contrôle d'antenne de chacune des une ou plusieurs antennes passives accordables".

Par exemple, chacune des dites variables électriques peut être une tension, ou une tension incidente, ou une tension réfléchi, ou un courant, ou un courant incident, ou un courant réfléchi. Par exemple, chacune des dites variables électriques peut être captée (ou mesurée) à l'accès de sortie, ou dans l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique.

Il est par exemple possible que l'accès d'entrée soit couplé, directement ou indirectement, à un accès de l'unité d'émission et de traitement du signal, ledit accès de l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant l'excitation.

Ladite unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comporte un accès d'entrée et un accès de sortie. Il est supposé que ladite unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique se comporte, à ladite fréquence donnée, par rapport à son accès d'entrée et à son accès de sortie, sensiblement comme un dispositif linéaire passif, où "passif" est utilisé au sens de la théorie des circuits. Plus précisément, ladite unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique se comporte, à ladite fréquence donnée, par rapport à l'accès de sortie et à l'accès d'entrée, sensiblement comme un dispositif linéaire passif à 2 accès. Comme conséquence de la linéarité, il est possible de définir l'impédance présentée par l'accès d'entrée. Comme conséquence de la passivité, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique ne procure pas d'amplification.

L'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique peut par exemple être telle que la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord a une influence sur une impédance présentée par l'accès d'entrée

Par exemple, il est possible que l'appareil pour communication radio soit tel qu'une commande en boucle ouverte est utilisée pour déterminer chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne.

Le spécialiste comprend que l'appareil pour communication radio selon l'invention est adaptatif dans le sens où les dits paramètres et les réactances des un ou plusieurs dispositifs à

impédance réglable de l'unité d'accord peuvent être automatiquement modifiés au cours du temps en fonction des un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection, qui sont chacun principalement déterminés par une ou plusieurs variables électriques.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

- 5 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 :
- la figure 1 représente un schéma-bloc d'un système d'antenne automatique, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
 - 10 - la figure 2 représente un schéma-bloc d'un système d'antenne automatique, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
 - la figure 3 représente un schéma-bloc d'un appareil pour communication radio selon l'invention (premier mode de réalisation) ;
 - la figure 4 représente un algorithme mis en oeuvre dans un appareil pour communication radio selon l'invention (quatrième mode de réalisation) ;
 - 15 - la figure 5 représente le schéma d'une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, qui peut être utilisée dans l'appareil pour communication radio montré sur la figure 3 (quatrième mode de réalisation) ;
 - la figure 6 représente un algorithme mis en oeuvre dans un appareil pour communication radio selon l'invention (cinquième mode de réalisation) ;
 - 20 - la figure 7 représente le schéma d'une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, qui peut être utilisée dans l'appareil pour communication radio montré sur la figure 3 (cinquième mode de réalisation) ;
 - la figure 8 représente une première antenne passive accordable, qui comporte un seul dispositif de contrôle d'antenne (sixième mode de réalisation) ;
 - 25 - la figure 9 représente une deuxième antenne passive accordable, qui comporte trois dispositifs de contrôle d'antenne (septième mode de réalisation) ;
 - la figure 10 représente une troisième antenne passive accordable, qui comporte quatre dispositifs de contrôle d'antenne (huitième mode de réalisation) ;
 - 30 - la figure 11 représente une quatrième antenne passive accordable, qui comporte un seul dispositif de contrôle d'antenne (neuvième mode de réalisation) ;
 - la figure 12 représente un schéma-bloc d'un appareil pour communication radio selon l'invention (dixième mode de réalisation) ;
 - la figure 13 montre une vue d'arrière d'un téléphone mobile (onzième mode de réalisation) ;
 - 35 - la figure 14 montre une première configuration d'utilisation typique (configuration main droite et tête) ;

- la figure 15 montre une deuxième configuration d'utilisation typique (configuration deux mains) ;
- la figure 16 montre une troisième configuration d'utilisation typique (configuration main droite seulement) ;
- 5 - la figure 17 représente un schéma-bloc d'un appareil pour communication radio selon l'invention (douzième mode de réalisation) ;
- la figure 18 représente un schéma-bloc d'un appareil pour communication radio selon l'invention (treizième mode de réalisation) ;
- la figure 19 représente le schéma d'une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès
10 de sortie unique, qui peut être utilisée dans l'appareil pour communication radio montré sur la figure 18 (quatorzième mode de réalisation) ;
- la figure 20 représente le schéma d'une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, qui peut être utilisée dans l'appareil pour communication radio montré sur la figure 18 (quinzième mode de réalisation) ;
- 15 - la figure 21 représente le schéma d'une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, qui peut être utilisée dans l'appareil pour communication radio montré sur la figure 18 (seizième mode de réalisation) ;
- la figure 22 représente un schéma-bloc d'un appareil pour communication radio selon l'invention (dix-septième mode de réalisation).

20 EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE CERTAINS MODES DE RÉALISATION

Premier mode de réalisation.

Au titre d'un premier mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, nous avons représenté sur la figure 3 le schéma-bloc d'un appareil pour communication radio comportant :

- 25 une antenne passive accordable (1), l'antenne passive accordable comportant au moins un dispositif de contrôle d'antenne, une ou plusieurs caractéristiques de ladite antenne passive accordable étant contrôlées en utilisant ledit au moins un dispositif de contrôle d'antenne, ledit au moins un dispositif de contrôle d'antenne ayant au moins un paramètre ayant une influence sur les dites une ou plusieurs caractéristiques, ledit au
30 moins un paramètre étant réglable par moyen électrique ;
- une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4) ayant un accès d'entrée et un accès de sortie, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant p dispositifs à impédance réglable, où p est un entier supérieur ou égal à 2, les p dispositifs à impédance réglable étant appelés les "un ou
35 plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord" et étant tels que, à une

fréquence donnée supérieure ou égale à 30 MHz, chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord a une réactance, la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord étant réglable par moyen électrique ;

5 une unité de détection (3) délivrant deux "signaux de sortie d'unité de détection", chacun des signaux de sortie d'unité de détection étant déterminé par une variable électrique captée (ou mesurée) à l'accès de sortie ;

une liaison d'antenne (2) ayant une première extrémité qui est directement couplée à un accès signal de l'antenne passive accordable, la liaison d'antenne ayant une seconde
10 extrémité qui est indirectement couplée à l'accès de sortie, à travers l'unité de détection ;

une unité d'émission et de traitement du signal (8), l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant une ou plusieurs "instructions de réglage d'antenne", l'unité d'émission et de traitement du signal appliquant une excitation à l'accès d'entrée,
15 l'unité d'émission et de traitement du signal estimant q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, où q est un entier supérieur ou égal à 2, en utilisant les signaux de sortie d'unité de détection, l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant une ou plusieurs "instructions de réglage d'unité d'accord", chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord étant déterminée
20 en fonction des dites q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie ; et

une unité de contrôle (6), l'unité de contrôle recevant les une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne, l'unité de contrôle délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'antenne" à l'antenne passive accordable, chacun des un ou plusieurs signaux de
25 contrôle d'antenne étant déterminé en fonction d'au moins une des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne, chacun des dits paramètres étant principalement déterminé par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne, l'unité de contrôle recevant les une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord, l'unité de contrôle délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord" à l'unité
30 d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord étant déterminé en fonction d'au moins une des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord, la réactance de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord étant principalement déterminée par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord.

35 L'antenne passive accordable est indirectement couplée à l'accès de sortie. Plus précisément, l'accès signal de l'antenne passive accordable est indirectement couplé à l'accès de sortie, à travers l'unité de détection et la liaison d'antenne. De plus, l'accès de sortie est indirectement couplé à l'antenne passive accordable. Plus précisément, l'accès de sortie est

indirectement couplé à l'accès signal de l'antenne passive accordable, à travers l'unité de détection et la liaison d'antenne.

L'unité de détection (3) peut par exemple être telle que les signaux de sortie d'unité de détection comportent : un premier signal de sortie d'unité de détection proportionnel à une première variable électrique, la première variable électrique étant une tension aux bornes de l'accès de sortie ; et un second signal de sortie d'unité de détection proportionnel à une seconde variable électrique, la seconde variable électrique étant un courant sortant de l'accès de sortie. Ladite tension aux bornes de l'accès de sortie peut être une tension complexe et ledit courant sortant de l'accès de sortie peut être un courant complexe. Alternativement, l'unité de détection (3) peut par exemple être telle que les signaux de sortie d'unité de détection comportent : un premier signal de sortie d'unité de détection proportionnel à une première variable électrique, la première variable électrique étant une tension incidente à l'accès de sortie ; et un second signal de sortie d'unité de détection proportionnel à une seconde variable électrique, la seconde variable électrique étant une tension réfléchie à l'accès de sortie. Ladite tension incidente à l'accès de sortie peut être une tension incidente complexe et ladite tension réfléchie à l'accès de sortie peut être une tension réfléchie complexe.

L'accès d'entrée est directement couplé à un accès de l'unité d'émission et de traitement du signal (8), ledit accès de l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant l'excitation. Chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne peut être de n'importe quel type de message numérique. Chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord peut être de n'importe quel type de message numérique. Les une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne et les une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord sont délivrées pendant une ou plusieurs séquences de réglage. Deux séquences de réglage différentes sont décrites ci-dessous, dans le quatrième mode de réalisation et dans le cinquième mode de réalisation. La durée d'une séquence de réglage est inférieure à 100 microsecondes.

L'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4) est telle qu'elle peut procurer, à ladite fréquence donnée, pour des valeurs convenables des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, un transfert de puissance à faibles pertes depuis l'accès d'entrée jusqu'à l'accès de sortie, et un transfert de puissance à faibles pertes depuis l'accès de sortie jusqu'à l'accès d'entrée.

L'accès de sortie étant indirectement couplé à l'antenne passive accordable, le spécialiste voit que l'appareil pour communication radio permet, à la fréquence donnée, un transfert de puissance depuis l'accès d'entrée jusqu'à un champ électromagnétique rayonné par l'antenne passive accordable. Ainsi, l'appareil pour communication radio est tel que, si une puissance est reçue par l'accès d'entrée à la fréquence donnée, une partie de ladite puissance reçue par l'accès d'entrée est transférée à un champ électromagnétique rayonné par l'antenne passive accordable à la fréquence donnée, si bien qu'une puissance du champ électromagnétique rayonné par l'antenne passive accordable à la fréquence donnée est égale à ladite partie de ladite puissance

reçue par l'accès d'entrée. L'appareil pour communication radio permet, à ladite fréquence donnée, un transfert de puissance depuis un champ électromagnétique incident sur l'antenne passive accordable jusqu'à l'accès d'entrée. De plus, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4) et l'antenne passive accordable (1) sont telles que, à ladite

5 fréquence donnée, pour des valeurs convenables des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord et des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne, un transfert de puissance à faibles pertes depuis l'accès d'entrée jusqu'à un champ électromagnétique rayonné par l'antenne passive accordable peut être obtenu (pour l'émission radio), et un transfert de puissance à faibles pertes depuis un champ électromagnétique incident sur l'antenne passive accordable jusqu'à

10 l'accès d'entrée peut être obtenu (pour la réception radio). Ainsi, il est possible de dire que l'appareil pour communication radio permet, à ladite fréquence donnée, pour des valeurs convenables des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord et des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne, un transfert de puissance à faibles pertes depuis l'accès d'entrée jusqu'à un

15 champ électromagnétique rayonné par l'antenne passive accordable, et un transfert de puissance à faibles pertes depuis un champ électromagnétique incident sur l'antenne passive accordable jusqu'à l'accès d'entrée.

Les valeurs convenables des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord et des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne sont procurées automatiquement. Ainsi, le spécialiste comprend que toute petite variation de l'impédance vue par l'accès de sortie peut être au moins

20 partiellement compensée par un nouveau réglage automatique de l'antenne passive accordable et des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord.

L'appareil pour communication radio est un émetteur-récepteur radio portable, si bien que l'unité d'émission et de traitement du signal (8) effectue aussi des fonctions qui n'ont pas été mentionnées plus haut, et qui sont bien connues des spécialistes. Par exemple, l'appareil pour

25 communication radio peut être un équipement utilisateur (en anglais: "user equipment" ou "UE") d'un réseau radio LTE-advanced.

Le spécialiste comprend que Z_{Sant} dépend de la fréquence et des caractéristiques électromagnétiques du volume entourant l'antenne passive accordable. En particulier, le corps de l'utilisateur a un effet sur Z_{Sant} , et Z_{Sant} dépend de la position du corps de l'utilisateur. Ceci

30 est appelé "interaction utilisateur" (en anglais: "user interaction"), ou "effet de main" (en anglais: "hand effect") ou "effet de doigt" (en anglais: "finger effect"). Le spécialiste comprend que l'appareil pour communication radio peut compenser automatiquement une variation de Z_{Sant} causée par une variation d'une fréquence d'opération, et/ou compenser automatiquement l'interaction utilisateur.

De façon à répondre à des variations des caractéristiques électromagnétiques du volume entourant l'antenne passive accordable et/ou de la fréquence d'opération, une nouvelle séquence de réglage débute rapidement après chaque changement de la fréquence d'opération, et pas plus

35 tard que 10 millisecondes après le début de la séquence de réglage précédente.

Deuxième mode de réalisation.

Le deuxième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également à l'appareil pour communication radio représenté sur la figure 3, et toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation sont applicables à ce deuxième mode de réalisation. De plus, dans ce deuxième mode de réalisation, l'excitation comporte un signal sinusoïdal à ladite fréquence donnée, par exemple un courant sinusoïdal à ladite fréquence donnée appliqué à l'accès d'entrée.

Dans ce deuxième mode de réalisation, $q = 2$ et les q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie déterminent complètement l'impédance vue par l'accès de sortie. De plus, les deux signaux de sortie d'unité de détection sont respectivement proportionnels à une tension incidente à l'accès de sortie et à une tension réfléchie à l'accès de sortie, comme expliqué plus haut. Le spécialiste comprend comment l'unité d'émission et de traitement du signal peut traiter les signaux de sortie d'unité de détection causés par l'excitation, pour obtenir des quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie qui déterminent complètement l'impédance vue par l'accès de sortie. L'unité d'émission et de traitement du signal peut par exemple effectuer une "in-phase/quadrature (I/Q) demodulation" (réception homodyne) de ces signaux de sortie d'unité de détection, pour obtenir quatre signaux analogiques. Ces signaux analogiques peuvent alors être convertis en signaux numériques et être ensuite traités dans le domaine numérique, pour estimer la partie réelle de Z_{Sant} et la partie imaginaire de Z_{Sant} . Ainsi, les dites q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie peuvent consister en un nombre réel proportionnel à la partie réelle de Z_{Sant} et en un nombre réel proportionnel à la partie imaginaire de Z_{Sant} . Alternativement, les dites q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie peuvent consister en un nombre réel proportionnel au module de Z_{Sant} et en un nombre réel proportionnel à l'argument de Z_{Sant} .

Troisième mode de réalisation.

Le troisième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également à l'appareil pour communication radio représenté sur la figure 3, et toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation sont applicables à ce troisième mode de réalisation.

De plus, dans ce troisième mode de réalisation, l'excitation est un signal passe-bande (en anglais : "bandpass signal"). Ce type de signal est parfois incorrectement appelé "signal bande passante" (de l'anglais "passband signal") ou "signal bande étroite" (en anglais : "narrow-band signal"). Un signal passe-bande est n'importe quel signal réel $s(t)$, où t désigne le temps, tel que le spectre de $s(t)$ est inclus dans un intervalle de fréquence $[f_c - W/2, f_c + W/2]$, où f_c est une fréquence appelée la "fréquence porteuse" et où W est une fréquence appelée "largeur de

bande”, qui satisfait $W < 2 f_c$. Ainsi, la transformée de Fourier de $s(t)$, notée $S(f)$, est non négligeable seulement à l’intérieur des intervalles de fréquence $[-f_c - W/2, -f_c + W/2]$ et $[f_c - W/2, f_c + W/2]$. L’enveloppe complexe du signal réel $s(t)$, appelée en anglais “complex envelope” ou “complex baseband equivalent” ou encore “baseband-equivalent signal”, est un signal complexe $s_B(t)$ dont la transformée de Fourier $S_B(f)$ est non négligeable seulement dans l’intervalle de fréquence $[-W/2, W/2]$ et satisfait $S_B(f) = k S(f_c + f)$ dans cet intervalle, où k est une constante réelle qui est choisie égale à la racine carrée de 2 par certains auteurs. La partie réelle de $s_B(t)$ est appelée la composante en phase, et la partie imaginaire de $s_B(t)$ est appelée la composante en quadrature. Le spécialiste sait que le signal passe-bande $s(t)$ peut par exemple être obtenu :

- comme résultat de la modulation en phase et en amplitude d’une unique porteuse à la fréquence f_c ;
- comme une combinaison linéaire d’un premier signal et d’un second signal, le premier signal étant le produit de la composante en phase et d’une première porteuse sinusoïdale de fréquence f_c , le second signal étant le produit de la composante en quadrature et d’une seconde porteuse sinusoïdale de fréquence f_c , la seconde porteuse sinusoïdale étant déphasée de 90° par rapport à la première porteuse sinusoïdale ;
- d’autres façons, par exemple sans utiliser aucune porteuse, par exemple en utilisant directement une sortie filtrée d’un convertisseur numérique-analogique.

L’intervalle de fréquence $[f_c - W/2, f_c + W/2]$ est une bande passante du signal passe-bande. Selon les définitions, il est clair que, pour un signal passe-bande donné, plusieurs choix de fréquence porteuse f_c et de largeur de bande W sont possibles, si bien que la bande passante du signal passe-bande n’est pas définie de façon unique. Cependant, toute bande passante du signal passe-bande doit contenir toute fréquence à laquelle le spectre de $s(t)$ n’est pas négligeable.

L’enveloppe complexe du signal réel $s(t)$ dépend clairement du choix d’une fréquence porteuse f_c . Cependant, pour une fréquence porteuse donnée, l’enveloppe complexe du signal réel $s(t)$ est définie de façon unique, pour un choix donné de la constante réelle k .

L’excitation étant un signal passe-bande, il est possible de montrer que, si la largeur de bande de l’excitation est suffisamment étroite, alors toute tension ou tout courant mesuré à l’accès de sortie et causé par l’excitation est un signal passe-bande dont une enveloppe complexe est proportionnelle à l’enveloppe complexe de l’excitation, le coefficient de proportionnalité étant complexe et indépendant du temps. Ainsi nous pouvons considérer que l’excitation cause, à l’accès de sortie : un courant sortant de l’accès de sortie, d’enveloppe complexe $i_{TP}(t)$; et une tension aux bornes de l’accès de sortie, d’enveloppe complexe $v_{TP}(t)$. Si la largeur de bande de l’enveloppe complexe de l’excitation est suffisamment étroite, nous avons

$$v_{TP}(t) = Z_{Sant} i_{TP}(t) \quad (5)$$

où Z_{Sant} est l'impédance vue par l'accès de sortie, à la fréquence porteuse.

Les q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie déterminent complètement l'impédance vue par l'accès de sortie. De plus, les deux signaux de sortie d'unité de détection sont respectivement proportionnels à une tension aux bornes de l'accès de sortie et à un courant sortant de l'accès de sortie, comme expliqué plus haut. Le spécialiste comprend comment l'unité d'émission et de traitement du signal peut traiter les signaux de sortie d'unité de détection causés par l'excitation et obtenus pendant que l'excitation est appliquée, pour obtenir des quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie qui déterminent complètement l'impédance vue par l'accès de sortie. Selon un premier exemple, l'unité d'émission et de traitement du signal peut effectuer une conversion de fréquence des signaux de sortie d'unité de détection, suivie par une "in-phase/quadrature (I/Q) demodulation" (réception hétérodyne), pour obtenir quatre signaux analogiques, respectivement proportionnels à la partie réelle de $v_{TP}(t)$, à la partie imaginaire de $v_{TP}(t)$, à la partie réelle de $i_{TP}(t)$, et à la partie imaginaire de $i_{TP}(t)$. Ces signaux analogiques peuvent alors être convertis en signaux numériques et être ensuite traités dans le domaine numérique, en s'appuyant sur l'équation (5), pour estimer le module de l'admittance vue par l'accès de sortie, et la phase de l'admittance vue par l'accès de sortie. Selon un deuxième exemple, l'unité d'émission et de traitement du signal peut effectuer une conversion de fréquence vers le bas (en anglais: "down-conversion") de tous les signaux de sortie d'unité de détection, suivie par une conversion en signaux numériques utilisant le procédé appelé en anglais "bandpass sampling", et par une démodulation appelée en anglais "digital quadrature demodulation", pour obtenir quatre signaux numériques : les échantillons de la partie réelle de $v_{TP}(t)$; les échantillons de la partie imaginaire de $v_{TP}(t)$; les échantillons de la partie réelle de $i_{TP}(t)$; et les échantillons de la partie imaginaire de $i_{TP}(t)$. Ces signaux numériques peuvent alors être traités plus avant, en se basant sur l'équation (5), pour estimer le module de l'admittance vue par l'accès de sortie, et la phase de l'admittance vue par l'accès de sortie.

Quatrième mode de réalisation.

Le quatrième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également à l'appareil pour communication radio représenté sur la figure 3, et toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation sont applicables à ce quatrième mode de réalisation. Un algorithme d'une ou plusieurs séquences de réglage utilisées dans ce quatrième mode de réalisation est représenté sur la figure 4. Avant le début de ladite une ou plusieurs séquences de réglage, une "fréquence sélectionnée" a été définie par l'unité d'émission et de traitement du signal. En plus du symbole de début (81) et du symbole de fin (86), ledit algorithme comporte :

un traitement "délivrer des signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable" (82), dans lequel l'unité d'émission et de traitement du signal délivre une ou plusieurs

des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne, et dans lequel l'unité de contrôle délivre les dits un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable, chacune des dites une ou plusieurs des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne étant déterminée en fonction de la fréquence sélectionnée ;

5

un traitement "commencer à appliquer l'excitation" (83), dans lequel l'unité d'émission et de traitement du signal commence à appliquer l'excitation à l'accès d'entrée, si bien que l'unité d'émission et de traitement du signal devient capable d'estimer les q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, en utilisant les signaux de sortie d'unité de détection causés par l'excitation (et obtenus pendant que l'excitation est appliquée), ladite excitation ayant une fréquence porteuse qui est égale à la fréquence sélectionnée ;

10

un traitement "délivrer des signaux de contrôle d'accord à l'unité d'accord" (84), dans lequel l'unité d'émission et de traitement du signal délivre une ou plusieurs des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord, et dans lequel l'unité de contrôle délivre les dits un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord à l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique ; et

15

un traitement "arrêter d'appliquer l'excitation" (85), dans lequel l'unité d'émission et de traitement du signal cesse d'appliquer l'excitation à l'accès d'entrée.

20

La fréquence sélectionnée peut prendre n'importe quelle valeur dans un ensemble connu. Chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne n'a aucune influence sur la fréquence sélectionnée. Chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne n'a aucune influence sur la fréquence sélectionnée. Chacune des dites une ou plusieurs des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne étant déterminée en fonction de la fréquence sélectionnée, et seulement en fonction de la fréquence sélectionnée, il est clair qu'une commande en boucle ouverte est utilisée pour générer chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne.

25

De même, le traitement "délivrer des signaux de contrôle d'accord à l'unité d'accord" (84) utilise une structure de commande en boucle ouverte, puisque, comme expliqué plus haut, l'invention utilise une structure de commande en boucle ouverte pour obtenir les un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord.

30

Dans ce quatrième mode de réalisation, les une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne et les un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne sont tels que :

à la fin du traitement "délivrer des signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable" (82), l'impédance vue par l'accès de sortie est voisine d'une impédance spécifiée, qui peut dépendre de la fréquence ;

35

chaque dit au moins un paramètre de chaque dit au moins un dispositif de contrôle d'antenne de l'antenne passive accordable a une valeur qui ne change pas depuis la fin du traitement "délivrer des signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive

accordable” (82) jusqu’à la fin de ladite une des une ou plusieurs séquences de réglage.

Pour obtenir que, à la fin du traitement “délivrer des signaux de contrôle d’antenne à l’antenne passive accordable” (82), l’impédance vue par l’accès de sortie soit voisine de l’impédance spécifiée, l’unité d’émission et de traitement du signal utilise un algorithme pour 5 déterminer et délivrer les une ou plusieurs instructions de réglage d’antenne. L’algorithme est basé sur la fréquence sélectionnée et sur certaines propriétés de l’antenne passive accordable. Par exemple, l’algorithme peut être basé sur une formule permettant d’estimer Z_{Sant} dans une configuration d’utilisation supposée, en fonction de la fréquence sélectionnée et de chaque dit 10 au moins un paramètre de chaque dit au moins un dispositif de contrôle d’antenne de l’antenne passive accordable, la formule pouvant être utilisée pour calculer, pour la configuration d’utilisation supposée, une valeur optimale de chaque dit au moins un paramètre de chaque dit au moins un dispositif de contrôle d’antenne de l’antenne passive accordable, à la fréquence sélectionnée. Par exemple l’algorithme peut être basé sur une ou plusieurs formules permettant 15 d’estimer, dans une configuration d’utilisation supposée, une valeur optimale de chaque dit au moins un paramètre de chaque dit au moins un dispositif de contrôle d’antenne de l’antenne passive accordable, en fonction de la fréquence sélectionnée. Le spécialiste sait comment écrire un tel algorithme, et il comprend qu’un tel algorithme ne peut pas prendre en compte les variations de Z_{Sant} causées par des variations des caractéristiques électromagnétiques du volume 20 entourant l’antenne passive accordable. De plus, comme dit plus haut dans la section sur l’état de la technique antérieure, une antenne passive accordable ne procure souvent qu’une médiocre faculté d’accord. Par conséquent, à la fin du traitement “délivrer des signaux de contrôle d’antenne à l’antenne passive accordable” (82), l’impédance vue par l’accès de sortie n’est typiquement que très grossièrement voisine de l’impédance spécifiée.

Nous avons représenté sur la figure 5 l’unité d’accord à accès d’entrée unique et accès de 25 sortie unique (4) utilisée dans ce quatrième mode de réalisation. Cette unité d’accord à accès d’entrée unique et accès de sortie unique comporte :

- un accès de sortie (401) ayant deux bornes (4011) (4012), l’accès de sortie étant asymétrique ;
- 30 un accès d’entrée (402) ayant deux bornes (4021) (4022), l’accès d’entrée étant asymétrique ;
- un des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l’unité d’accord (403), présentant une réactance négative et connecté en série avec une borne de l’accès de sortie ;
- un des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l’unité d’accord (404), présentant 35 une réactance négative et connecté en série avec une borne de l’accès d’entrée ; et
- un enroulement (405) ayant une borne couplée à la masse et une borne couplée à une borne de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l’unité d’accord (403) (404).

Tous les un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (403) (404) sont réglables par moyen électrique, mais les circuits et les liaisons de contrôle nécessaires pour déterminer la réactance de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord ne sont pas montrés sur la figure 5.

5 Le spécialiste comprend que l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique est telle que, si l'impédance vue par l'accès de sortie est égale à une impédance donnée, alors la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord a une influence sur une impédance présentée par l'accès d'entrée. De plus, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique a une faculté d'accord
10 complète (en anglais, "a full tuning capability"), dont la définition est donnée dans la section III de l'article de F. Broydé et E. Clavier intitulé "Some Properties of Multiple-Antenna-Port and Multiple-User-Port Antenna Tuners", publié dans *IEEE Trans. on Circuits and Systems — I: Regular Papers*, Vol. 62, No. 2, pages 423-432, en février 2015. Ainsi, le spécialiste comprend que toute petite variation de l'impédance vue par l'accès de sortie peut être totalement
15 compensée par un nouveau réglage automatique des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord ; et que l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique peut être telle qu'elle procure, à ladite fréquence donnée, pour des valeurs convenables des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, un transfert de puissance à faibles pertes depuis l'accès d'entrée jusqu'à l'accès de sortie, et un transfert de puissance à faibles pertes
20 depuis l'accès de sortie jusqu'à l'accès d'entrée.

Dans ce quatrième mode de réalisation, nous utilisons $p = 2$ dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord. Ainsi, il est possible que p soit supérieur ou égal à 2. Comme expliqué dans ledit article intitulé "Some Properties of Multiple-Antenna-Port and Multiple-User-Port Antenna Tuners", ceci est nécessaire pour obtenir une faculté d'accord complète.

25 Le traitement "délivrer des signaux de contrôle d'accord à l'unité d'accord" (84) utilise une table de consultation (en anglais: "lookup table" ou "look-up table") pour déterminer les un ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord, en se basant sur la fréquence sélectionnée et sur les q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, qui sont représentatives d'une impédance vue par l'accès de sortie à la fin du traitement "délivrer des
30 signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable" (82). Le spécialiste comprend comment construire et utiliser une telle table de consultation. Ici, le traitement adaptatif effectué par l'unité d'émission et de traitement du signal n'exige ni des calculs complexes ni aucune itération, parce que la table de consultation utilise directement la fréquence sélectionnée et les q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie pour déterminer les
35 un ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord (si bien qu'il y a une relation directe entre les quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie et la valeur de réactance que chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord devrait prendre après avoir été réglé). La table de consultation est construite à partir de résultats

expérimentaux, et elle est telle que le réglage de l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique est toujours optimal ou presque optimal, en dépit des pertes dans l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique.

Par conséquent, ce mode de réalisation est une solution au problème de régler
5 automatiquement une antenne passive accordable couplée à un émetteur radio, d'une façon qui procure : une bonne faculté d'accord, en utilisant une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique ; et un réglage de l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique qui est proche d'un accord optimal, lorsque ses pertes ne sont pas très faibles. De plus, ce mode de réalisation procure une plage d'accord beaucoup plus large qu'un système
10 d'accord automatique qui comporterait l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique montrée sur la figure 5, mais aucune antenne passive accordable.

Cinquième mode de réalisation.

Le cinquième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également à l'appareil pour communication radio représenté sur la
15 figure 3, et toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation sont applicables à ce cinquième mode de réalisation. Dans ce cinquième mode de réalisation, l'excitation est appliquée continûment, si bien que l'unité de détection peut continûment délivrer les signaux de sortie d'unité de détection obtenus pour ladite excitation. Un algorithme d'une des une ou plusieurs séquences de réglage utilisées dans ce cinquième mode de réalisation est représenté
20 sur la figure 6. Avant le début de ladite une des une ou plusieurs séquences de réglage, une "fréquence sélectionnée" a été définie par l'unité d'émission et de traitement du signal. Ladite excitation a, pendant ladite une des une ou plusieurs séquences de réglage, une fréquence porteuse qui est égale à la fréquence sélectionnée. En plus du symbole de début (81) et du symbole de fin (86), ledit algorithme comporte :

25 un traitement "délivrer des signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable" (82), dans lequel l'unité d'émission et de traitement du signal délivre une ou plusieurs des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne, et dans lequel l'unité de contrôle délivre les dits un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable, chacune des dites une ou plusieurs des une ou plusieurs
30 instructions de réglage d'antenne étant déterminée en fonction de la fréquence sélectionnée ; et

un traitement "délivrer des signaux de contrôle d'accord à l'unité d'accord" (84), dans lequel l'unité d'émission et de traitement du signal délivre une ou plusieurs des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord, et dans lequel l'unité de contrôle
35 délivre les dits un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord à l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique.

La fréquence sélectionnée peut prendre n'importe quelle valeur dans un ensemble connu. Chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne n'a aucune influence sur la fréquence sélectionnée. Chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne n'a aucune influence sur la fréquence sélectionnée. Chacune des dites une ou plusieurs des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne étant déterminée en fonction de la fréquence sélectionnée, et
 5 seulement en fonction de la fréquence sélectionnée, il est clair qu'une commande en boucle ouverte est utilisée pour générer chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne.

Dans ce cinquième mode de réalisation, les une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne et les un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne sont tels que :

10 à la fin du traitement "délivrer des signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable" (82), l'impédance vue par l'accès de sortie est voisine d'une impédance spécifiée, qui peut dépendre de la fréquence ;

chaque dit au moins un paramètre de chaque dit au moins un dispositif de contrôle d'antenne de l'antenne passive accordable a une valeur qui ne change pas depuis la fin
 15 du traitement "délivrer des signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable" (82) jusqu'au début d'une séquence de réglage qui suit la fin de ladite une des une ou plusieurs séquences de réglage.

Pour obtenir que, à la fin du traitement "délivrer des signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable" (82), l'impédance vue par l'accès de sortie soit voisine de
 20 l'impédance spécifiée, l'unité d'émission et de traitement du signal utilise une table de consultation pour déterminer et délivrer les une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne, en se basant sur la fréquence sélectionnée. Le spécialiste comprend comment construire et utiliser une telle table de consultation, et il comprend qu'une telle table de consultation ne peut pas prendre en compte les variations de Z_{Sant} causées par des variations des caractéristiques
 25 électromagnétiques du volume entourant l'antenne passive accordable. De plus, comme dit plus haut dans la section sur l'état de la technique antérieure, une antenne passive accordable ne procure souvent qu'une médiocre faculté d'accord. Par conséquent, à la fin du traitement "délivrer des signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable" (82), l'impédance vue par l'accès de sortie n'est typiquement que très grossièrement voisine de l'impédance
 30 spécifiée.

Nous avons représenté sur la figure 7 l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4) utilisée dans ce cinquième mode de réalisation. Cette unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comporte :

un accès de sortie (401) ayant deux bornes (4011) (4012), l'accès de sortie étant
 35 asymétrique ;

un accès d'entrée (402) ayant deux bornes (4021) (4022), l'accès d'entrée étant asymétrique ;

un des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (406), présentant

une réactance positive, ayant une première borne connectée à une borne de l'accès d'entrée, et ayant une seconde borne connectée à une borne de l'accès de sortie ;

un des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (407), présentant une réactance négative et connecté en parallèle avec l'accès de sortie ; et

5 un des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (408), présentant une réactance négative et connecté en parallèle avec l'accès d'entrée.

Tous les un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (406) (407) (408) sont réglables par moyen électrique, mais les circuits et les liaisons de contrôle nécessaires pour déterminer la réactance de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord ne sont pas montrés sur la figure 7. Dans ce cinquième mode de réalisation, nous utilisons $p = 3$ dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord.

Le spécialiste comprend que, à une fréquence à laquelle l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique est prévue pour fonctionner, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique est telle que, si l'impédance vue par l'accès de sortie est égale à une impédance donnée, alors la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord a un effet sur une impédance présentée par l'accès d'entrée.

Le traitement "délivrer des signaux de contrôle d'accord à l'unité d'accord" (84) utilise un algorithme pour déterminer les un ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord. L'algorithme est basé sur la fréquence sélectionnée et sur les q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, qui sont représentatives d'une impédance vue par l'accès de sortie à la fin du traitement "délivrer des signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable" (82). Un premier algorithme possible peut par exemple utiliser les formules montrées dans la section VI du dit article de F. Broydé et E. Clavelier intitulé "Some Properties of Multiple-Antenna-Port and Multiple-User-Port Antenna Tuners". Ce premier algorithme possible ne prend pas en compte les pertes dans l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique. Un deuxième algorithme possible peut par exemple utiliser la technique de calcul itérative présentée dans la section 4 ou dans l'appendice C de l'article de F. Broydé et E. Clavelier intitulé "A Tuning Computation Technique for a Multiple-Antenna-Port and Multiple-User-Port Antenna Tuner", publié dans *International Journal of Antennas and Propagation*, en 2016. Ce deuxième algorithme possible est plus précis que le premier algorithme possible, parce qu'il prend en compte les pertes dans l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique. Le spécialiste sait comment écrire un tel algorithme. Nous voyons que l'algorithme peut être tel que le réglage de l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique est toujours optimal ou presque optimal, en dépit des pertes dans l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique.

Par conséquent, ce mode de réalisation est une solution au problème de régler automatiquement une antenne passive accordable couplée à un émetteur radio, d'une façon qui

procure : une bonne faculté d'accord, en utilisant une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique ; et un réglage de l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique qui est proche d'un accord optimal, lorsque ses pertes ne sont pas très faibles. De plus, ce mode de réalisation procure une plage d'accord beaucoup plus large qu'un système d'accord automatique qui comporterait l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique montrée sur la figure 7, mais aucune antenne passive accordable.

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 pour communication radio représenté sur la figure 3, et toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation sont applicables à ce sixième mode de réalisation.

L'antenne passive accordable (1) utilisée dans ce sixième mode de réalisation est montrée sur la figure 8. L'antenne passive accordable montrée sur la figure 8 comporte une structure métallique plane (111) réalisée au-dessus d'un plan de masse (115), l'accès signal de l'antenne passive accordable (116) où une liaison d'antenne asymétrique est connectée à la structure métallique, et un dispositif de contrôle d'antenne (112). La structure métallique est fendue et telle que, si le dispositif de contrôle d'antenne n'était pas présent, l'antenne passive accordable serait un exemple de l'antenne appelée en anglais "planar inverted-F antenna" ou "PIFA". Le dispositif de contrôle d'antenne est un interrupteur micro-électromécanique comportant une première borne (113) connectée à la structure métallique (111) en un premier côté de la fente, et une seconde borne (114) connectée à la structure métallique (111) en un second côté de la fente. Le spécialiste comprend que la self-impédance de l'antenne passive accordable, dans une configuration d'essai donnée et à la fréquence donnée, est une caractéristique de l'antenne passive accordable que l'on peut faire varier en utilisant ledit dispositif de contrôle d'antenne, si bien que cette caractéristique est contrôlée en utilisant ledit dispositif de contrôle d'antenne. L'état de l'interrupteur micro-électromécanique (ouvert ou fermé) est un paramètre du dispositif de contrôle d'antenne qui a une influence sur ladite caractéristique. Ce paramètre du dispositif de contrôle d'antenne est réglable par moyen électrique, mais les circuits et les liaisons de contrôle nécessaires pour déterminer l'état du dispositif de contrôle d'antenne ne sont pas montrés sur la figure 8.

Septième mode de réalisation.

Le septième mode de réalisation d'un appareil selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également à l'appareil pour communication radio représenté sur la figure 3, et toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation sont applicables à ce septième mode de réalisation.

L'antenne passive accordable (1) utilisée dans ce septième mode de réalisation est montrée sur la figure 9. L'antenne passive accordable montrée sur la figure 9 comporte une structure métallique plane (111) réalisée au-dessus d'un plan de masse (115), l'accès signal de l'antenne passive accordable (116) où une liaison d'antenne asymétrique est connectée à une bande métallique (117) située entre le plan de masse et la structure métallique, et trois dispositifs de contrôle d'antenne (112). Chacun des dispositifs de contrôle d'antenne est un dispositif à impédance réglable ayant une réactance à la fréquence donnée, comportant une première borne (113) connectée à la structure métallique (111), et une seconde borne (114) connectée au plan de masse (115). Le spécialiste comprend que la self-impédance de l'antenne passive accordable, dans une configuration d'essai donnée et à la fréquence donnée, est une caractéristique de l'antenne passive accordable que l'on peut faire varier en utilisant les dits dispositifs de contrôle d'antenne, si bien que cette caractéristique est contrôlée en utilisant les dits dispositifs de contrôle d'antenne. Chacun des dispositifs de contrôle d'antenne a une réactance à la fréquence donnée, cette réactance étant un paramètre du dit chacun des dispositifs de contrôle d'antenne, ce paramètre ayant une influence sur ladite caractéristique. Ce paramètre de chacun des dispositifs de contrôle d'antenne est réglable par moyen électrique, mais les circuits et les liaisons de contrôle nécessaires pour déterminer la réactance de chacun des dispositifs de contrôle d'antenne ne sont pas montrés sur la figure 9.

Huitième mode de réalisation.

Le huitième mode de réalisation d'un appareil selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également à l'appareil pour communication radio représenté sur la figure 3, et toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation sont applicables à ce huitième mode de réalisation.

L'antenne passive accordable (1) utilisée dans ce huitième mode de réalisation est montrée sur la figure 10. L'antenne passive accordable montrée sur la figure 10 a un plan de symétrie orthogonal au dessin. Ainsi, l'antenne passive accordable a une première demi-antenne, à gauche dans la figure 10, et une seconde demi-antenne, à droite dans la figure 10. L'accès signal de l'antenne passive accordable comporte une première borne (118) où un premier conducteur d'une liaison d'antenne symétrique est connecté à la première demi-antenne, et une seconde borne (119) où un second conducteur de la liaison d'antenne symétrique est connecté à la seconde demi-antenne. Chaque demi-antenne comporte trois segments et deux dispositifs de contrôle d'antenne (112). Chacun des dispositifs de contrôle d'antenne est un dispositif à impédance réglable ayant une réactance à la fréquence donnée, comportant une première borne connectée à un segment d'une demi-antenne, et une seconde borne connectée à un autre segment de cette demi-antenne. Le spécialiste comprend que la self-impédance de l'antenne passive accordable, dans une configuration d'essai donnée et à la fréquence donnée, est une caractéristique de l'antenne passive accordable que l'on peut faire varier en utilisant les dits

dispositifs de contrôle d'antenne, si bien que cette caractéristique est contrôlée en utilisant les dits dispositifs de contrôle d'antenne. Chacun des dispositifs de contrôle d'antenne a une réactance à la fréquence donnée, cette réactance étant un paramètre du dit chacun des dispositifs de contrôle d'antenne, ce paramètre ayant une influence sur ladite caractéristique. Ce paramètre
5 de chacun des dispositifs de contrôle d'antenne est réglable par moyen électrique, mais les circuits et les liaisons de contrôle nécessaires pour déterminer la réactance de chacun des dispositifs de contrôle d'antenne ne sont pas montrés sur la figure 10.

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 pour communication radio représenté sur la figure 3, et toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation sont applicables à ce neuvième mode de réalisation.

L'antenne passive accordable (1) utilisée dans ce neuvième mode de réalisation est montrée sur la figure 11. L'antenne passive accordable montrée sur la figure 11 comporte une antenne
15 principale (121), une antenne parasite (122), l'accès signal de l'antenne passive accordable (127) où une liaison d'antenne asymétrique (128) est connectée à l'antenne principale et à la masse (126), et un dispositif de contrôle d'antenne (123). Le dispositif de contrôle d'antenne est un dispositif à impédance réglable ayant une réactance à la fréquence donnée, comportant une première borne (124) connectée à l'antenne parasite (122), et une seconde borne (125) connectée
20 à la masse (126). Le spécialiste comprend que le diagramme de directivité de l'antenne passive accordable (1), dans une configuration d'essai donnée et à la fréquence donnée, est une caractéristique de l'antenne passive accordable que l'on peut faire varier en utilisant ledit dispositif de contrôle d'antenne, si bien que cette caractéristique est contrôlée en utilisant ledit dispositif de contrôle d'antenne. La réactance du dispositif de contrôle d'antenne à la fréquence
25 donnée est un paramètre du dit dispositif de contrôle d'antenne qui a une influence sur ladite caractéristique. Ce paramètre du dispositif de contrôle d'antenne est réglable par moyen électrique, mais les circuits et les liaisons de contrôle nécessaires pour déterminer la réactance du dispositif de contrôle d'antenne ne sont pas montrés sur la figure 11.

Cependant, le spécialiste comprend que ce paramètre a aussi une influence sur la self-impédance de l'antenne passive accordable, si bien que la self-impédance de l'antenne passive
30 accordable, dans une configuration d'essai donnée et à la fréquence donnée, est aussi une caractéristique de l'antenne passive accordable que l'on peut faire varier en utilisant ledit dispositif de contrôle d'antenne. L'antenne passive accordable (1) pourrait aussi comporter d'autres antennes parasites chacune couplée à un dispositif de contrôle d'antenne.

Dixième mode de réalisation.

Au titre d'un dixième mode de réalisation de l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, nous considérons un procédé pour régler automatiquement une ou plusieurs antennes passives accordables et une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique ayant un accès d'entrée et un accès de sortie, les une ou plusieurs antennes passives accordables et l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique étant des parties d'un appareil pour communication radio, l'appareil pour communication radio permettant, à une fréquence donnée, un transfert de puissance depuis l'accès d'entrée jusqu'à un champ électromagnétique rayonné par les une ou plusieurs antennes passives accordables, le procédé comportant les étapes suivantes :

estimer une ou plusieurs "variables de localisation", chacune des une ou plusieurs variables de localisation dépendant d'une distance entre une partie d'un corps humain et une zone de l'appareil pour communication radio ;

générer un ou plusieurs "signaux de contrôle d'antenne", en fonction d'une "fréquence sélectionnée" et en fonction de chacune des une ou plusieurs variables de localisation, chacune des une ou plusieurs antennes passives accordables comportant au moins un dispositif de contrôle d'antenne, ledit au moins un dispositif de contrôle d'antenne ayant au moins un paramètre ayant un effet sur une ou plusieurs caractéristiques de ladite chacune des une ou plusieurs antennes passives accordables, ledit au moins un paramètre étant réglable par moyen électrique, ledit au moins un paramètre étant principalement déterminé par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne ;

appliquer une excitation à l'accès d'entrée, l'excitation ayant une fréquence porteuse qui est égale à la fréquence sélectionnée ;

estimer q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, où q est un entier supérieur ou égal à un, en utilisant ladite excitation ; et

générer un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord", en fonction des dites q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant p dispositifs à impédance réglable, où p est un entier supérieur ou égal à un, les p dispositifs à impédance réglable étant appelés les "un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord" et étant tels que, à la fréquence donnée, chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord a une réactance, la réactance de n 'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord étant réglable par moyen électrique, la réactance de n 'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord étant principalement déterminée par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, la réactance de n 'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de

l'unité d'accord ayant une influence sur une impédance présentée par l'accès d'entrée.

Nous avons représenté sur la figure 12 le schéma-bloc d'un appareil pour communication radio mettant en oeuvre ce procédé, l'appareil pour communication radio comportant :

- 5 une unité de capteurs de localisation (7), l'unité de capteurs de localisation estimant une ou plusieurs "variables de localisation", chacune des une ou plusieurs variables de localisation dépendant d'une distance entre une partie d'un corps humain et une zone de l'appareil pour communication radio ;
- 10 une antenne passive accordable (1), l'antenne passive accordable comportant au moins un dispositif de contrôle d'antenne, ledit au moins un dispositif de contrôle d'antenne ayant au moins un paramètre ayant un effet sur une ou plusieurs caractéristiques de l'antenne passive accordable, ledit au moins un paramètre étant réglable par moyen électrique ;
- une liaison d'antenne (2) ;
- 15 une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4) similaire à celle utilisée dans le premier mode de réalisation, ayant un accès d'entrée et un accès de sortie ;
- une unité de détection (3) délivrant deux "signaux de sortie d'unité de détection", chacun des signaux de sortie d'unité de détection étant principalement déterminé par une ou plusieurs variables électriques ;
- 20 une unité d'émission et de traitement du signal (8), l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant une ou plusieurs "instructions de réglage d'antenne", chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne étant déterminée en fonction d'une "fréquence sélectionnée" et en fonction de chacune des une ou plusieurs variables de localisation, l'unité d'émission et de traitement du signal appliquant une excitation à
- 25 l'accès d'entrée, l'excitation ayant une fréquence porteuse qui est égale à la fréquence sélectionnée, l'unité d'émission et de traitement du signal estimant q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, où q est un entier supérieur ou égal à un, en utilisant les signaux de sortie d'unité de détection, l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant une ou plusieurs "instructions de réglage d'unité d'accord", les une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord étant
- 30 déterminées en fonction des dites q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie ; et
- une unité de contrôle (6) similaire à celle utilisée dans le premier mode de réalisation, délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'antenne" à l'antenne passive
- 35 accordable et un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord" à l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique.

L'exigence "les une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord étant déterminées en fonction des dites q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie"

de la phrase précédente ne signifie pas que chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord est déterminée en fonction des dites q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie.

Il est possible qu'au moins une des une ou plusieurs variables de localisation soit une sortie
 5 d'un capteur sensible à une pression exercée par une partie d'un corps humain. Ainsi, il est possible qu'au moins une des une ou plusieurs 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 une ou plusieurs variables de
 10 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").

Il est possible qu'au moins une des une ou plusieurs variables de localisation soit une sortie d'un capteur de proximité, tel qu'un capteur de proximité dédié à la détection d'un corps
 15 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.

Il est possible que l'ensemble des valeurs possibles d'au moins une des une ou plusieurs
 20 variables de localisation soit un ensemble fini. Il est possible qu'au moins une des une ou plusieurs variables de localisation soit une variable binaire, c'est-à-dire telle que l'ensemble des valeurs possibles de ladite au moins une des une ou plusieurs 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
 25 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 une ou plusieurs variables de localisation soit un ensemble fini. Cependant, il est possible que l'ensemble des valeurs possibles d'au moins une des une ou plusieurs variables de localisation soit un ensemble infini, et il est possible que l'ensemble des
 30 valeurs possibles d'au moins une des une ou plusieurs variables de localisation soit un ensemble continu.

Il est possible que l'ensemble des valeurs possibles d'au moins une des une ou plusieurs 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
 35 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 d'un corps humain détectée la plus proche. Il est possible que l'ensemble des valeurs possibles de n'importe laquelle des une ou plusieurs variables de localisation ait au moins trois éléments.

Il est possible qu'au moins une des une ou plusieurs 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 une ou plusieurs 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 une ou plusieurs 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 une ou plusieurs 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 une ou plusieurs 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 une ou plusieurs 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 une ou plusieurs 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 de proximité.

La fréquence sélectionnée peut prendre n'importe quelle valeur dans un ensemble connu. Chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne n'a aucune influence sur la fréquence sélectionnée et sur les une ou plusieurs variables de localisation. Chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne n'a aucune influence sur la fréquence sélectionnée et sur les une ou plusieurs variables de localisation. Chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne étant déterminée en fonction de la fréquence sélectionnée et des une ou plusieurs variables de localisation, et seulement en fonction de la fréquence sélectionnée et des une ou plusieurs variables de localisation, il est clair qu'une commande en boucle ouverte est utilisée pour générer chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne.

Onzième mode de réalisation.

Le onzième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également à l'appareil pour communication radio représenté sur la figure 12, et toutes les explications fournies pour le dixième mode de réalisation sont applicables à ce onzième mode de réalisation. De plus, dans ce onzième mode de réalisation, l'appareil pour communication radio est un téléphone mobile, et l'unité de capteurs de localisation comporte 4 capteurs de proximité.

La figure 13 est un dessin d'une vue d'arrière du téléphone mobile (800). La figure 13 montre : un point (71) où le premier des 4 capteurs de proximité est situé ; un point (72) où le deuxième des 4 capteurs de proximité est situé ; un point (73) où le troisième des 4 capteurs de proximité est situé ; et un point (74) où le quatrième des 4 capteurs de proximité est situé.

Un ensemble fini de configurations d'utilisation typiques est défini. Par exemple, la figure 14 montre une première configuration d'utilisation typique, qui peut être appelée "configuration main droite et tête" ; la figure 15 montre une deuxième configuration d'utilisation typique, qui peut être appelée "configuration deux mains" ; et la figure 16 montre une troisième configuration d'utilisation typique, qui peut être appelée "configuration main droite seulement". Dans la figure 14, la figure 15 et la figure 16, le téléphone mobile (800) est tenu par un utilisateur. Plus précisément, l'utilisateur tient le téléphone mobile près de sa tête avec sa main droite dans la figure 14, loin de sa tête avec ses deux mains dans la figure 15, et loin de sa tête seulement avec sa main droite dans la figure 16. Dans une configuration d'utilisation réelle, les variables de localisation évaluées par les 4 capteurs de proximité sont utilisées pour déterminer la configuration d'utilisation typique la plus proche de la configuration d'utilisation réelle. Chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne est déterminée à partir d'un ensemble d'instructions de réglage d'antenne prédéterminées qui sont mémorisées dans une table de consultation réalisée dans l'unité d'émission et de traitement du signal, en se basant sur la configuration d'utilisation typique la plus proche et sur la fréquence sélectionnée. 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 obtenir une bonne précision de chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne, plus de deux configurations d'utilisation typiques doivent être définies, et qu'une unique variable de localisation ne peut pas être utilisée pour déterminer une configuration d'utilisation typique la plus proche. Par conséquent, dans ce onzième mode de réalisation, il est important qu'une pluralité de variables de localisation soit estimée.

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. Dans ce onzième mode de réalisation, ce résultat est obtenu en utilisant une unité de capteurs de localisation comportant une pluralité de capteurs de proximité, localisés en différents endroits de l'appareil pour communication radio, comme montré sur la figure 13.

Douzième mode de réalisation.

10 Au titre d'un douzième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, nous avons représenté sur la figure 17 le schéma-bloc d'un appareil pour communication radio comportant :

15 $N = 4$ antennes passives accordables (1), chacune des antennes passives accordables comportant au moins un dispositif de contrôle d'antenne, ledit au moins un dispositif de contrôle d'antenne ayant au moins un paramètre ayant un effet sur une ou plusieurs caractéristiques de ladite chacune des antennes passives accordables, ledit au moins un paramètre étant réglable par moyen électrique ;

une unité de commutation (9), l'unité de commutation comportant N accès antenne couplés chacun à une et une seule des antennes passives accordables à travers une liaison d'antenne (2), l'unité de commutation comportant un accès réseau d'antennes, l'unité de commutation opérant dans une configuration active déterminée par une ou plusieurs "instructions de configuration", la configuration active étant l'une d'une pluralité de configurations autorisées, l'unité de commutation procurant, dans n'importe laquelle des configurations autorisées, pour des signaux dans une bande de fréquences donnée, un chemin bidirectionnel entre l'accès réseau d'antennes et un et un seul des accès antenne ;

une unité de détection (3) délivrant un ou plusieurs "signaux de sortie d'unité de détection", chacun des un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection étant principalement déterminé par une ou plusieurs variables électriques captées (ou mesurées) à l'accès de sortie ;

30 une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4) ayant un accès d'entrée et un accès de sortie, l'accès de sortie étant indirectement couplé à l'accès réseau d'antennes à travers l'unité de détection, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant p dispositifs à impédance réglable, où p est un entier supérieur ou égal à un, les p dispositifs à impédance réglable étant appelés les "un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord" et étant tels que, à une fréquence donnée dans la bande de fréquences donnée, chacun des un ou

plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord a une réactance, la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord étant réglable par moyen électrique ;

une unité d'émission et de traitement du signal (8), l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant les une ou plusieurs instructions de configuration, l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant une ou plusieurs "instructions de réglage d'antenne", l'unité d'émission et de traitement du signal appliquant une excitation à l'accès d'entrée, l'unité d'émission et de traitement du signal estimant q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, où q est un entier supérieur ou égal à un, en utilisant les un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection causés par l'excitation, l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant une ou plusieurs "instructions de réglage d'unité d'accord", chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord étant déterminée en fonction des dites q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie ; et

une unité de contrôle (6), l'unité de contrôle délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'antenne" aux antennes passives accordables, chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne étant déterminé en fonction d'au moins une des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne, chaque dit au moins un paramètre de chaque dit au moins un dispositif de contrôle d'antenne de chacune des antennes passives accordables étant déterminé par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne, l'unité de contrôle délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord" à l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord étant déterminé en fonction d'au moins une des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord, la réactance de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord étant déterminée par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord.

L'unité de commutation opère (ou est utilisée) dans une configuration active déterminée par les une ou plusieurs instructions de configuration, la configuration active étant une configuration autorisée parmi une pluralité de configurations autorisées, l'unité de commutation procurant, dans n'importe laquelle des configurations autorisées, pour des signaux dans la bande de fréquences donnée, un chemin entre l'accès réseau d'antennes et un des accès antenne. Ainsi, l'unité de commutation opère dans une configuration active qui est une des configurations autorisées, et chaque configuration autorisée correspond à une sélection d'un accès antenne parmi les N accès antenne. Il est aussi possible de dire que l'unité de commutation opère dans une configuration active correspondant à une sélection d'un accès antenne parmi les N accès antenne.

Chaque configuration autorisée correspond à une sélection d'un accès antenne parmi les N accès antenne, l'unité de commutation procurant, pour des signaux dans la bande de fréquences

donnée, un chemin entre l'accès réseau d'antennes et l'accès antenne sélectionné. Ce chemin peut préférentiellement être un chemin à faibles pertes pour des signaux dans la bande de fréquences donnée. Le spécialiste comprend qu'une unité de commutation convenable peut comporter un ou plusieurs interrupteurs et/ou commutateurs contrôlés électriquement. Dans ce cas, un ou plusieurs des dits un ou plusieurs interrupteurs et/ou commutateurs contrôlés électriquement peut par exemple être un relais électromécanique, ou un commutateur micro-électromécanique, ou un circuit utilisant une ou plusieurs diodes PIN et/ou un ou plusieurs transistors à effet de champ à grille isolée comme dispositifs de commutation.

Dans ce douzième mode de réalisation, il n'est pas possible de dire que, pour chacune des antennes passives accordables, un accès signal de l'antenne passive accordable est couplé, directement ou indirectement, à l'accès de sortie. Cependant, dans ce douzième mode de réalisation, l'accès de sortie est indirectement couplé à une et une seule des N antennes passives accordables. Ou, plus précisément, l'accès de sortie est indirectement couplé à un accès signal d'une et une seule des N antennes passives accordables, à travers l'unité de détection, l'unité de commutation et une et une seule des liaisons d'antenne.

L'accès de sortie étant indirectement couplé à l'accès réseau d'antennes à travers l'unité de détection, le spécialiste voit que l'appareil pour communication radio permet, à la fréquence donnée, un transfert de puissance depuis l'accès d'entrée jusqu'à un champ électromagnétique rayonné par les antennes passives accordables. Ainsi, l'appareil pour communication radio est tel que, si une puissance est reçue par l'accès d'entrée à la fréquence donnée, une partie de ladite puissance reçue par l'accès d'entrée est transférée à un champ électromagnétique rayonné par les antennes passives accordables à la fréquence donnée, si bien qu'une puissance du champ électromagnétique rayonné par les antennes passives accordables à la fréquence donnée est égale à ladite partie de ladite puissance reçue par l'accès d'entrée. L'appareil pour communication radio permet, à ladite fréquence donnée, un transfert de puissance depuis un champ électromagnétique incident sur les antennes passives accordables jusqu'à l'accès d'entrée. De plus, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4) et les antennes passives accordables sont telles que, à ladite fréquence donnée, pour des valeurs convenables des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord et des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne, un transfert de puissance à faibles pertes depuis l'accès d'entrée jusqu'à un champ électromagnétique rayonné par les antennes passives accordables peut être obtenu (pour l'émission radio), et un transfert de puissance à faibles pertes depuis un champ électromagnétique incident sur les antennes passives accordables jusqu'à l'accès d'entrée peut être obtenu (pour la réception radio).

L'appareil pour communication radio est tel qu'une commande en boucle ouverte est utilisée pour déterminer chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne, et une commande en boucle ouverte est utilisée pour générer chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne. Le spécialiste comprend que cette caractéristique implique par exemple que

les q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie ne sont pas utilisées pour obtenir les un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne.

L'appareil pour communication radio est un émetteur radio ou un émetteur-récepteur radio, si bien que l'unité d'émission et de traitement du signal (8) effectue aussi des fonctions qui n'ont pas été mentionnées plus haut, et qui sont bien connues des spécialistes. La bande de fréquences donnée ne contient que des fréquences supérieures ou égales à 300 MHz.

Par exemple, chacune des une ou plusieurs instructions de configuration peut être déterminée en fonction :

- 10 d'une ou plusieurs variables de localisation, définies comme dans le dixième mode de réalisation ;
- d'une fréquence utilisée pour la communication radio avec les antennes passives accordables ;
- 15 d'une ou plusieurs variables additionnelles, chacune des variables additionnelles étant un élément d'un ensemble de variables additionnelles, les éléments de 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 en utilisant un ou plusieurs
- 20 accéléromètres ; des variables d'identité d'utilisateur qui dépendent de l'identité de l'utilisateur actuel ; des variables de qualité de réception ; et des variables de qualité d'émission.

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.

Chacune des une ou plusieurs instructions de configuration peut par exemple être déterminée en utilisant une table de consultation.

Chacune des une ou plusieurs instructions de configuration peut être de n'importe quel type de message numérique. Chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne et chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord peuvent être de n'importe quel type de message numérique. Les une ou plusieurs instructions de configuration, les une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne et les une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord sont délivrées pendant plusieurs séquences de réglage. L'unité d'émission et de traitement du signal débute une séquence de réglage lorsque une ou plusieurs instructions de configuration sont délivrées. L'unité d'émission et de traitement du signal termine la séquence de réglage lorsque, après que l'excitation a été appliquée, la dernière instruction de réglage d'unité d'accord de la séquence de réglage a été délivrée. La durée d'une séquence de réglage est inférieure à 100 microsecondes.

De façon à répondre à des variations des caractéristiques électromagnétiques du volume entourant les antennes passives accordables et/ou de la fréquence d'opération, des séquences de réglage peuvent avoir lieu de façon répétée. Par exemple, une nouvelle séquence de réglage peut débiter périodiquement, par exemple toutes les 10 millisecondes.

5 Treizième mode de réalisation.

Au titre d'un treizième mode de réalisation de l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, nous considérons un procédé pour régler automatiquement une ou plusieurs antennes passives accordables et une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique ayant un accès d'entrée et un
10 accès de sortie, les une ou plusieurs antennes passives accordables et l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique étant des parties d'un appareil pour communication radio, l'appareil pour communication radio permettant, à une fréquence donnée, un transfert de puissance depuis l'accès d'entrée jusqu'à un champ électromagnétique rayonné par les une ou plusieurs antennes passives accordables, le procédé comportant les étapes suivantes :

15 générer un ou plusieurs "signaux de contrôle d'antenne", en fonction d'une "fréquence sélectionnée", chacune des une ou plusieurs antennes passives accordables comportant au moins un dispositif de contrôle d'antenne, ledit au moins un dispositif de contrôle d'antenne ayant au moins un paramètre ayant un effet sur une ou plusieurs caractéristiques de ladite chacune des une ou plusieurs antennes passives accordables,
20 ledit au moins un paramètre étant réglable par moyen électrique, ledit au moins un paramètre étant principalement déterminé par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne ;

appliquer une excitation à l'accès d'entrée, l'excitation ayant une fréquence porteuse qui est égale à la fréquence sélectionnée ;

25 capturer des variables électriques à l'accès de sortie, pour obtenir au moins deux "signaux de sortie d'unité de détection", chacun des signaux de sortie d'unité de détection étant principalement déterminé par une ou plusieurs des variables électriques captées à l'accès de sortie ;

mesurer, en un ou plusieurs emplacements dans l'unité d'accord à accès d'entrée unique et
30 accès de sortie unique, une température, pour obtenir un ou plusieurs "signaux de température", chacun des dits un ou plusieurs signaux de température étant principalement déterminé par une ou plusieurs des températures aux dits un ou plusieurs emplacements ;

estimer q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, où q est
35 un entier supérieur ou égal à 2, en utilisant les signaux de sortie d'unité de détection obtenus pendant que l'excitation est appliquée, les dites q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie étant suffisantes pour pouvoir

calculer une partie réelle et une partie imaginaire de l'impédance vue par l'accès de sortie ; et

généraliser un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord", en fonction des dites q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie et en fonction des dits un ou plusieurs signaux de température, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant p dispositifs à impédance réglable, où p est un entier supérieur ou égal à un, les p dispositifs à impédance réglable étant appelés les "un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord" et étant tels que, à la fréquence donnée, chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord a une réactance, la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord étant réglable par moyen électrique, la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord étant principalement déterminée par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord ayant une influence sur une impédance présentée par l'accès d'entrée.

Le spécialiste comprend qu'une commande en boucle ouverte est utilisée pour générer les un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord. Le spécialiste comprend que, pour cette raison, il est avantageux de prendre en compte les dits un ou plusieurs signaux de température pour générer les un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord. Le spécialiste comprend comment générer les un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord en fonction des dites q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie et en fonction des dits un ou plusieurs signaux de température.

Nous avons représenté sur la figure 18 le schéma-bloc d'un appareil pour communication radio mettant en oeuvre ce procédé, l'appareil pour communication radio comportant :

une antenne passive accordable (1), l'antenne passive accordable comportant au moins un dispositif de contrôle d'antenne, ledit au moins un dispositif de contrôle d'antenne ayant au moins un paramètre ayant un effet sur une ou plusieurs caractéristiques de l'antenne passive accordable, ledit au moins un paramètre étant réglable par moyen électrique ;

une liaison d'antenne (2) ;

une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4) ayant un accès d'entrée et un accès de sortie, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant p dispositifs à impédance réglable, où p est un entier supérieur ou égal à 2, les p dispositifs à impédance réglable étant appelés les "un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord" et étant tels que, à une fréquence donnée, chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord a une réactance, la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord étant réglable par moyen

électrique, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique
 comportant un dispositif de mesure de température qui mesure, en un ou plusieurs
 emplacements dans l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique,
 une température, pour obtenir un ou plusieurs "signaux de température", chacun des
 5 dits un ou plusieurs signaux de température étant principalement déterminé par une ou
 plusieurs des températures aux dits un ou plusieurs emplacements ;
 une unité de détection (3) délivrant deux "signaux de sortie d'unité de détection", chacun
 des signaux de sortie d'unité de détection étant principalement déterminé par une ou
 plusieurs variables électriques captées à l'accès de sortie ;
 10 une unité d'émission et de traitement du signal (8), l'unité d'émission et de traitement du
 signal délivrant une ou plusieurs "instructions de réglage d'antenne", chacune des une
 ou plusieurs instructions de réglage d'antenne étant déterminée en fonction d'une
 "fréquence sélectionnée", l'unité d'émission et de traitement du signal appliquant une
 excitation à l'accès d'entrée, l'excitation ayant une fréquence porteuse qui est égale
 15 à la fréquence sélectionnée, l'unité d'émission et de traitement du signal estimant q
 quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, où q est un
 entier supérieur ou égal à deux, en utilisant les signaux de sortie d'unité de détection
 obtenus pendant que l'excitation est appliquée, les q quantités réelles dépendantes
 d'une impédance vue par l'accès de sortie étant suffisantes pour pouvoir calculer une
 20 partie réelle et une partie imaginaire de l'impédance vue par l'accès de sortie, l'unité
 d'émission et de traitement du signal délivrant une ou plusieurs "instructions de
 réglage d'unité d'accord", les une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord
 étant déterminées en fonction des dits un ou plusieurs signaux de température et en
 fonction des dites q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de
 25 sortie ; et
 une unité de contrôle (6) similaire à celle utilisée dans le premier mode de réalisation.

Quatorzième mode de réalisation.

Le quatorzième mode de réalisation d'un appareil selon l'invention, donné à titre d'exemple
 non limitatif, correspond également à l'appareil pour communication radio représenté sur la
 30 figure 18, et toutes les explications fournies pour le treizième mode de réalisation sont
 applicables à ce quatorzième mode de réalisation.

Nous avons représenté sur la figure 19 l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de
 sortie unique (4) utilisée dans ce quatorzième mode de réalisation. Cette unité d'accord à accès
 d'entrée unique et accès de sortie unique comporte :
 35 un accès de sortie (401) ayant deux bornes (4011) (4012), l'accès de sortie étant
 asymétrique ;

- un accès d'entrée (402) ayant deux bornes (4021) (4022), l'accès d'entrée étant asymétrique ;
- un des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (403), présentant une réactance négative et connecté en série avec une borne de l'accès de sortie ;
- 5 un des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (404), présentant une réactance négative et connecté en série avec une borne de l'accès d'entrée ;
- un enroulement (405) ayant une borne couplée à la masse et une borne couplée à une borne de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (403) (404) ;
- 10 un dispositif de mesure de température (45) comportant deux capteurs de température (451) (452), le dispositif de mesure de température mesurant, à l'emplacement de chacun des capteurs de température, une température, pour obtenir un ou plusieurs signaux de température, chacun des dits un ou plusieurs signaux de température étant principalement déterminé par la température à l'emplacement d'un des capteurs de
- 15 température ; et
- un écran électromagnétique (48), qui est mis à la masse.

Tous les un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (403) (404) sont réglables par moyen électrique, mais les circuits et les liaisons de contrôle nécessaires pour régler la réactance de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord ne sont pas montrés sur la figure 19. Les liaisons nécessaires pour alimenter les

20 capteurs de température (451) (452) et pour transporter les dits un ou plusieurs signaux de température ne sont pas montrées sur la figure 19.

Des résultats expérimentaux ont montré que les caractéristiques électromagnétiques du volume entourant l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique influencent

25 souvent Z_U . Le spécialiste comprend que ce phénomène peut être préjudiciable, parce qu'une commande en boucle ouverte est utilisée pour générer les un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord. Des résultats expérimentaux ont montré que ce phénomène peut être atténué en réduisant le champ électromagnétique variable produit par l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique à l'extérieur de l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès

30 de sortie unique. Dans la figure 19, une réduction convenable de ce champ électromagnétique est procurée par l'écran électromagnétique (48), qui peut aussi être appelé blindage électromagnétique, et qui est connecté à un plan de masse du circuit imprimé sur lequel l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique est réalisée.

Un premier des capteurs de température (451) se trouve près d'un premier des un ou

35 plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (403), de telle façon qu'il mesure une température qui est proche de la température du dit premier des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord. Un second des capteurs de température (452) se trouve près d'un second des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (404),

de telle façon qu'il mesure une température qui est proche de la température du dit second des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord. De cette manière, les un ou plusieurs signaux de température procurent de l'information sur les températures de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord, qui peuvent être
5 différentes les unes des autres. Le spécialiste comprend que ces températures peuvent en particulier être différentes si une puissance haute-fréquence significative est appliquée à l'accès d'entrée, parce que les puissances dissipées dans les un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord sont typiquement différentes les unes des autres.

Dans ce quatorzième mode de réalisation, deux capteurs de température sont utilisés, pour
10 mesurer, en deux emplacements dans l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, une température. Ainsi, il est possible que le nombre d'emplacements dans l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, auxquels une température est mesurée, soit supérieur ou égal à 2.

Quinzième mode de réalisation.

15 Le quinzième mode de réalisation d'un appareil selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également à l'appareil pour communication radio représenté sur la figure 18, et toutes les explications fournies pour le treizième mode de réalisation sont applicables à ce quinzième mode de réalisation.

Nous avons représenté sur la figure 20 l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de
20 sortie unique (4) utilisée dans ce quinzième mode de réalisation. Cette unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comporte :

- un accès de sortie (401) ayant deux bornes (4011) (4012), l'accès de sortie étant asymétrique ;
- un accès d'entrée (402) ayant deux bornes (4021) (4022), l'accès d'entrée étant
25 asymétrique ;
- un des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (406), présentant une réactance positive, ayant une première borne connectée à une borne de l'accès d'entrée, et ayant une seconde borne connectée à une borne de l'accès de sortie ;
- un des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (407), présentant
30 une réactance négative et connecté en parallèle avec l'accès de sortie ;
- un des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (408), présentant une réactance négative et connecté en parallèle avec l'accès d'entrée ;
- un dispositif de mesure de température (45) comportant un seul capteur de température (453), le dispositif de mesure de température mesurant, à l'emplacement du capteur
35 de température, une température, pour obtenir un ou plusieurs signaux de température, chacun des dits un ou plusieurs signaux de température étant principalement déterminé par la température à l'emplacement du capteur de température ; et

un écran électromagnétique (48), qui est mis à la masse.

Tous les un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (406) (407) (408) sont réglables par moyen électrique, mais les circuits et les liaisons de contrôle nécessaires pour régler la réactance de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord ne sont pas montrés sur la figure 20. Les liaisons nécessaires pour alimenter le capteur de température (453) et pour transporter les dits un ou plusieurs signaux de température ne sont pas montrées sur la figure 20.

Dans ce quinzième mode de réalisation, l'écran électromagnétique (48) forme une enceinte contenant tous les un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (406) (407) (408), dans laquelle la température est presque uniforme. C'est pourquoi un seul capteur de température est utilisé.

Dans ce quinzième mode de réalisation, trois dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord sont utilisés. Ainsi, il est possible que le nombre de dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord soit supérieur ou égal à 3.

15 Seizième mode de réalisation.

Le seizième mode de réalisation d'un appareil selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également à l'appareil pour communication radio représenté sur la figure 18, et toutes les explications fournies pour le treizième mode de réalisation sont applicables à ce seizième mode de réalisation.

20 Nous avons représenté sur la figure 21 l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4) utilisée dans ce seizième mode de réalisation. Cette unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comporte :

un accès de sortie (401) ayant deux bornes (4011) (4012), l'accès de sortie étant symétrique ;

25 un accès d'entrée (402) ayant deux bornes (4021) (4022), l'accès d'entrée étant asymétrique ;

un transformateur (409) ;

deux dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (403) (404), présentant chacun une réactance négative ;

30 une bobine (405) ; et

un dispositif de mesure de température comportant trois capteurs de température (451) (452) (454), le dispositif de mesure de température mesurant, à l'emplacement de chacun des capteurs de température, une température, pour obtenir un ou plusieurs signaux de température, chacun des dits un ou plusieurs signaux de température étant principalement déterminé par la température à l'emplacement d'un des capteurs de température.

Tous les un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (403) (404) sont réglables par moyen électrique, mais les circuits et les liaisons de contrôle nécessaires pour régler la réactance de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord ne sont pas montrés sur la figure 21. Les liaisons nécessaires pour transporter les dits
5 un ou plusieurs signaux de température ne sont pas montrées sur la figure 21.

Un premier des capteurs de température (451) se trouve près d'un premier des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (403), de telle façon qu'il mesure une température qui est proche de la température du dit premier des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord. Un deuxième des capteurs de température (452) se
10 trouve près d'un second des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (404), de telle façon qu'il mesure une température qui est proche de la température du dit second des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord. Un troisième des capteurs de température (454) se trouve près de la bobine (405), de telle façon qu'il mesure une température qui est proche de la température de la bobine. De cette manière, les un ou plusieurs
15 signaux de température procurent de l'information sur les températures de la bobine et de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord, qui peuvent être différentes les unes des autres. Le spécialiste comprend que ces températures peuvent en particulier être différentes si une puissance haute-fréquence significative est appliquée à l'accès d'entrée. La bobine utilisée dans ce seizième mode de réalisation comporte un noyau en ferrite,
20 si bien que son inductance et ses pertes dépendent de la température de la bobine. C'est pourquoi le troisième des capteurs de température (454) est présent.

Dans ce seizième mode de réalisation, le transformateur (409) est utilisé pour obtenir un accès de sortie symétrique. Un tel transformateur est souvent appelé un balun.

Plus généralement, selon l'invention, il est possible que l'accès d'entrée et/ou l'accès de sortie de l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique soient asymétriques,
25 et il est possible que l'accès d'entrée et/ou l'accès de sortie de l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique soient symétriques.

Dans ce seizième mode de réalisation, trois capteurs de température sont utilisés, pour mesurer, en trois emplacements dans l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie
30 unique, une température. Ainsi, il est possible que le nombre d'emplacements dans l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, auxquels une température est mesurée, soit supérieur ou égal à 3.

Dix-septième mode de réalisation.

Au titre d'un dix-septième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à
35 titre d'exemple non limitatif, nous avons représenté sur la figure 22 le schéma-bloc d'un appareil pour communication radio mettant en oeuvre le procédé divulgué dans le treizième mode de réalisation, l'appareil pour communication radio comportant :

- une antenne passive accordable (1), l'antenne passive accordable comportant au moins un dispositif de contrôle d'antenne, ledit au moins un dispositif de contrôle d'antenne ayant au moins un paramètre ayant un effet sur une ou plusieurs caractéristiques de l'antenne passive accordable, ledit au moins un paramètre étant réglable par moyen électrique ;
- 5 une liaison d'antenne (2) ;
- une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4) ayant un accès d'entrée et un accès de sortie, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant p dispositifs à impédance réglable, où p est un entier supérieur ou égal à 2, les p dispositifs à impédance réglable étant appelés les "un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord" et étant tels que, à une fréquence donnée, chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord a une réactance, la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord étant réglable par moyen électrique, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant un dispositif de mesure de température qui mesure, en un ou plusieurs emplacements dans l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, une température, pour obtenir un ou plusieurs "signaux de température", chacun des dits un ou plusieurs signaux de température étant principalement déterminé par une ou plusieurs des températures aux dits un ou plusieurs emplacements ;
- 10 20 une unité de détection (3) délivrant deux "signaux de sortie d'unité de détection", chacun des signaux de sortie d'unité de détection étant principalement déterminé par une ou plusieurs variables électriques captées à l'accès de sortie ;
- une unité d'émission et de traitement du signal (8), similaire à celle utilisée dans le premier mode de réalisation, l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant une ou plusieurs "instructions de réglage d'antenne" et une ou plusieurs "instructions de réglage d'unité d'accord" ; et
- 25 30 une unité de contrôle (6), l'unité de contrôle recevant les un ou plusieurs instructions de réglage d'antenne, l'unité de contrôle délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'antenne" à l'antenne passive accordable, chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne étant déterminé en fonction d'au moins une des un ou plusieurs instructions de réglage d'antenne, chacun des dits paramètres étant principalement déterminé par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne, l'unité de contrôle recevant les dits un ou plusieurs signaux de température et les un ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord, l'unité de contrôle délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord" à l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, les un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord étant déterminés en fonction des dits un ou plusieurs signaux de température et en fonction
- 35

d'au moins une des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord, la réactance de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord étant principalement déterminée par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord.

5 INDICATIONS SUR LES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Le procédé selon l'invention est adapté pour régler automatiquement et de façon optimale une ou plusieurs antennes passives accordables et une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique. L'appareil pour communication radio selon l'invention peut régler automatiquement et de façon optimale ses une ou plusieurs antennes passives accordables et son

10 unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique.

L'appareil pour communication radio selon l'invention peut par exemple être un récepteur radio, un émetteur radio ou un émetteur-récepteur radio. L'invention est particulièrement adaptée aux émetteurs-récepteurs radio mobiles, par exemple ceux utilisés dans les radiotéléphones portables ou les ordinateurs portables, qui peuvent être soumis à des variations

15 rapides des caractéristiques électromagnétiques du milieu entourant les une ou plusieurs antennes passives accordables utilisées pour les communications radio.

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour régler automatiquement une ou plusieurs antennes passives accordables (1) et une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4), l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique ayant un accès d'entrée et un accès de sortie, les
- 5 une ou plusieurs antennes passives accordables et l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique étant des parties d'un appareil pour communication radio, l'appareil pour communication radio permettant, à une fréquence donnée, un transfert de puissance depuis l'accès d'entrée jusqu'à un champ électromagnétique rayonné par les une ou plusieurs antennes passives accordables, le procédé comportant les étapes suivantes :
- 10 générer un ou plusieurs "signaux de contrôle d'antenne", chacune des une ou plusieurs antennes passives accordables comportant au moins un dispositif de contrôle d'antenne, une ou plusieurs caractéristiques de ladite chacune des une ou plusieurs antennes passives accordables étant contrôlées en utilisant ledit au moins un dispositif de contrôle d'antenne, ledit au moins un dispositif de contrôle d'antenne ayant au
- 15 moins un paramètre ayant une influence sur les dites une ou plusieurs caractéristiques, ledit au moins un paramètre étant réglable par moyen électrique, ledit au moins un paramètre étant principalement déterminé par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne ;
- appliquer une excitation à l'accès d'entrée ;
- 20 estimer q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, où q est un entier supérieur ou égal à un, en utilisant ladite excitation ; et
- générer un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord", en fonction des dites q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant p dispositifs à impédance
- 25 réglable, où p est un entier supérieur ou égal à un, les p dispositifs à impédance réglable étant appelés les "un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord" et étant tels que, à la fréquence donnée, chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord a une réactance, la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité
- 30 d'accord étant réglable par moyen électrique, la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord étant principalement déterminée par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique est telle que, si une impédance vue par l'accès de sortie est égale à une
- 35 impédance donnée, alors la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord a une influence sur une impédance présentée par l'accès d'entrée.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel p est supérieur ou égal à 2.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel q est supérieur ou égal à 2.
- 5 5. Appareil pour communication radio comportant :
- une ou plusieurs antennes passives accordables (1), chacune des une ou plusieurs antennes passives accordables comportant au moins un dispositif de contrôle d'antenne, une ou plusieurs caractéristiques de ladite chacune des une ou plusieurs antennes passives accordables étant contrôlées en utilisant ledit au moins un dispositif de contrôle
- 10 d'antenne, ledit au moins un dispositif de contrôle d'antenne ayant au moins un paramètre ayant une influence sur les dites une ou plusieurs caractéristiques, ledit au moins un paramètre étant réglable par moyen électrique ;
- une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4) ayant un accès d'entrée et un accès de sortie, l'appareil pour communication radio permettant, à une
- 15 fréquence donnée, un transfert de puissance depuis l'accès d'entrée jusqu'à un champ électromagnétique rayonné par les une ou plusieurs antennes passives accordables, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant p dispositifs à impédance réglable, où p est un entier supérieur ou égal à un, les p dispositifs à impédance réglable étant appelés les "un ou plusieurs dispositifs à
- 20 impédance réglable de l'unité d'accord" et étant tels que, à la fréquence donnée, chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord a une réactance, la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord étant réglable par moyen électrique ;
- une unité de détection (3) délivrant un ou plusieurs "signaux de sortie d'unité de détection",
- 25 chacun des un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection étant principalement déterminé par une ou plusieurs variables électriques ;
- une unité d'émission et de traitement du signal (8), l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant une ou plusieurs "instructions de réglage d'antenne", l'unité d'émission et de traitement du signal appliquant une excitation à l'accès d'entrée,
- 30 l'unité d'émission et de traitement du signal estimant q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, où q est un entier supérieur ou égal à un, en utilisant les un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection, l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant une ou plusieurs "instructions de réglage d'unité d'accord", les une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord
- 35 étant déterminées en fonction des dites q quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie ; et

une unité de contrôle (6), l'unité de contrôle délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'antenne" aux une ou plusieurs antennes passives accordables, chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne étant déterminé en fonction d'au moins une des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne, chaque dit au moins un paramètre de chaque dit au moins un dispositif de contrôle d'antenne de chacune des une ou plusieurs antennes passives accordables étant principalement déterminé par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne, l'unité de contrôle délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord" à l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord étant déterminé en fonction d'au moins une des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord, la réactance de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord étant principalement déterminée par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord.

6. Appareil pour communication radio selon la revendication 5, dans lequel les un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection comportent : un premier signal de sortie d'unité de détection proportionnel à une première variable électrique, la première variable électrique étant une tension aux bornes de l'accès de sortie ; et un second signal de sortie d'unité de détection proportionnel à une seconde variable électrique, la seconde variable électrique étant un courant sortant de l'accès de sortie.

7. Appareil pour communication radio selon la revendication 5, dans lequel les un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection comportent : un premier signal de sortie d'unité de détection proportionnel à une première variable électrique, la première variable électrique étant une tension incidente à l'accès de sortie ; et un second signal de sortie d'unité de détection proportionnel à une seconde variable électrique, la seconde variable électrique étant une tension réfléchie à l'accès de sortie.

8. Appareil pour communication radio selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, dans lequel l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique est telle que, si une impédance vue par l'accès de sortie est égale à une impédance donnée, alors la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord a une influence sur une impédance présentée par l'accès d'entrée.

9. Appareil pour communication radio selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, dans lequel p est supérieur ou égal à 2.

10. Appareil pour communication radio selon l'une quelconque des revendications 5 à 9, dans lequel q est supérieur ou égal à 2.

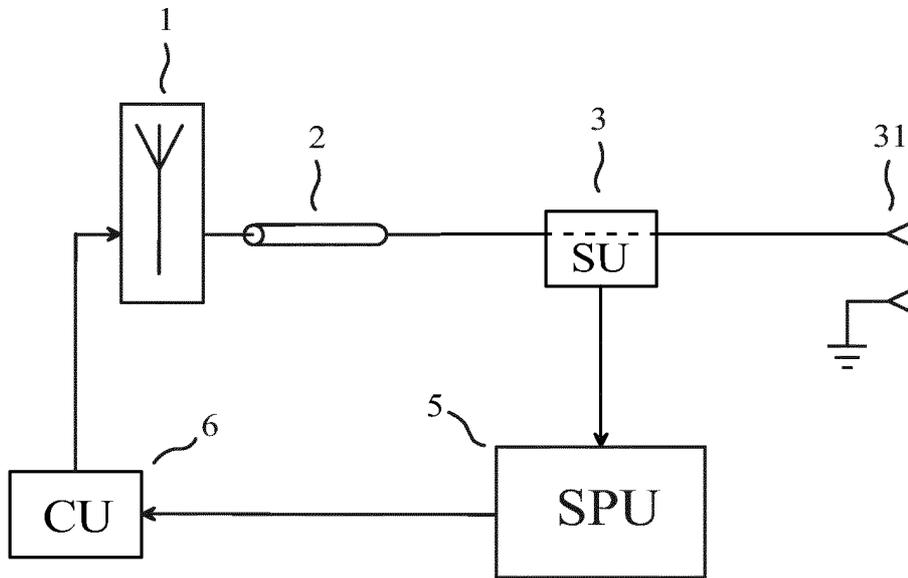


FIG. 1

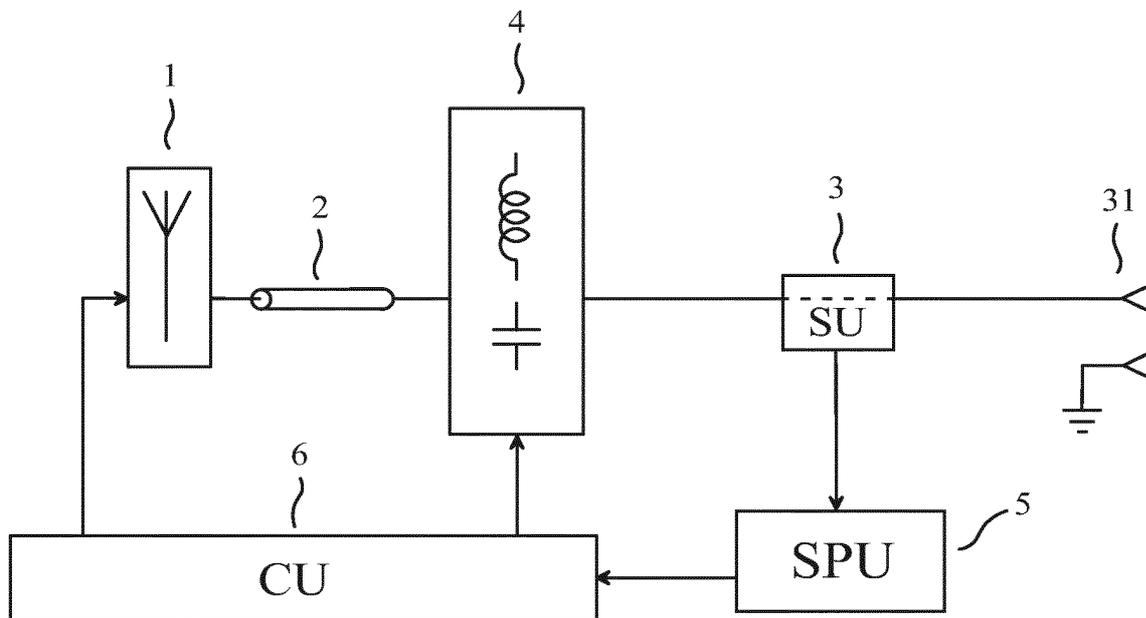


FIG. 2

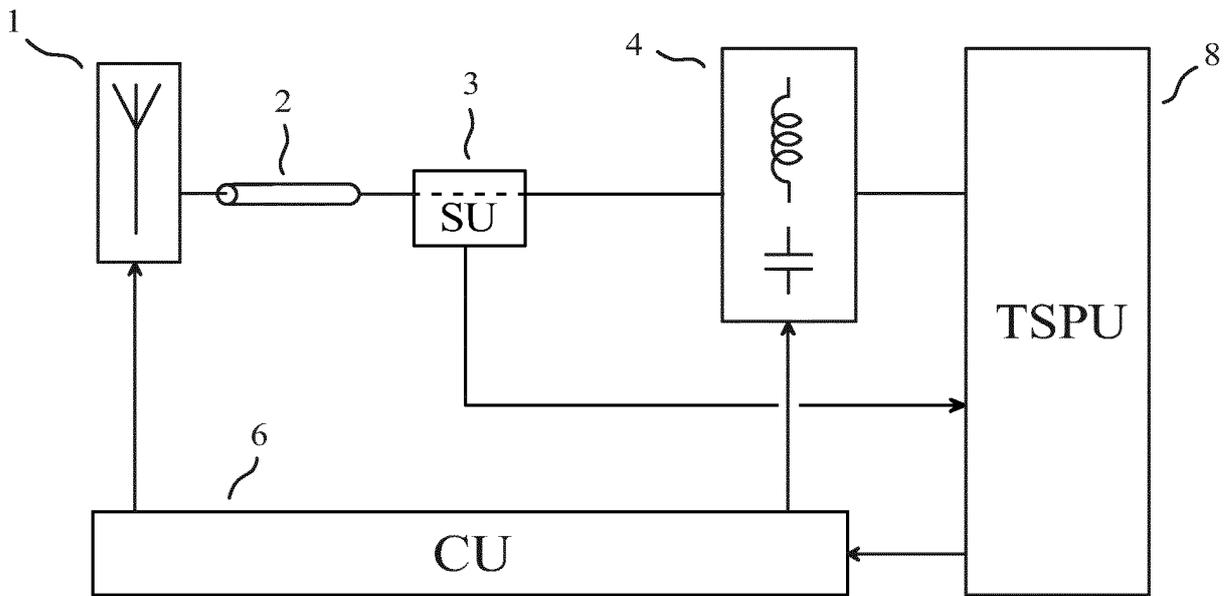


FIG. 3

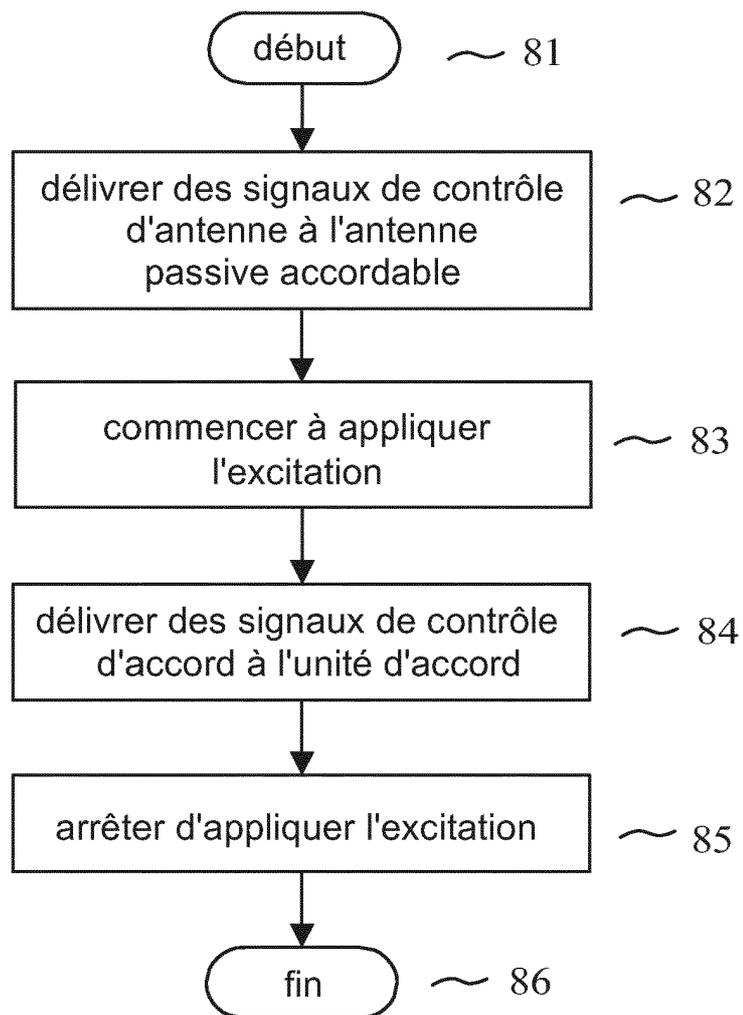


FIG. 4

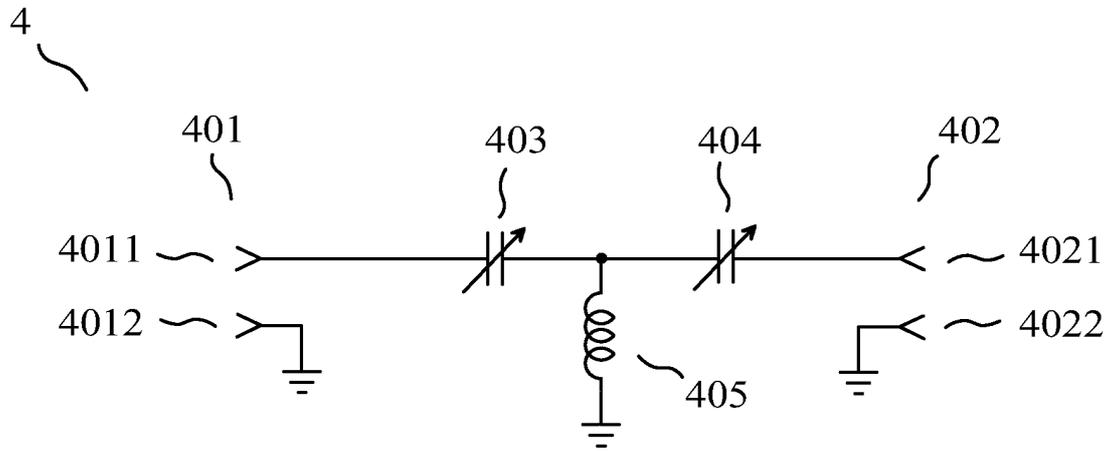


FIG. 5

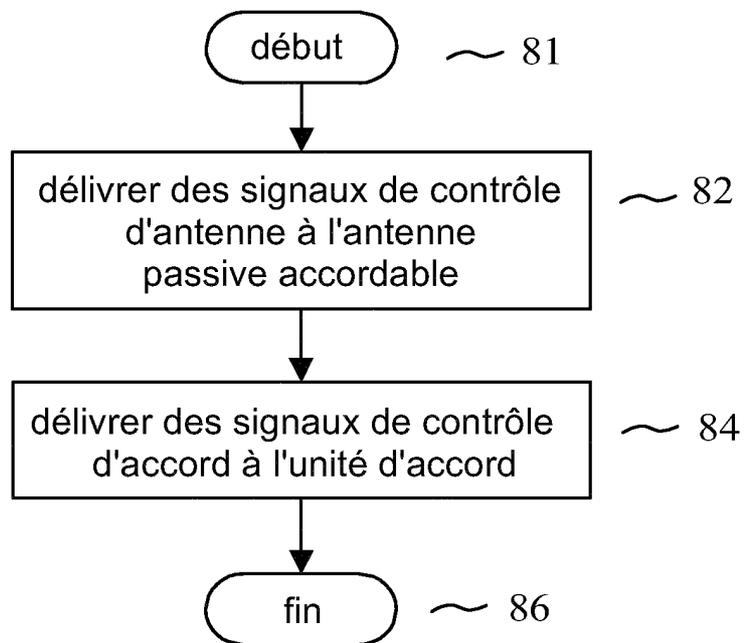


FIG. 6

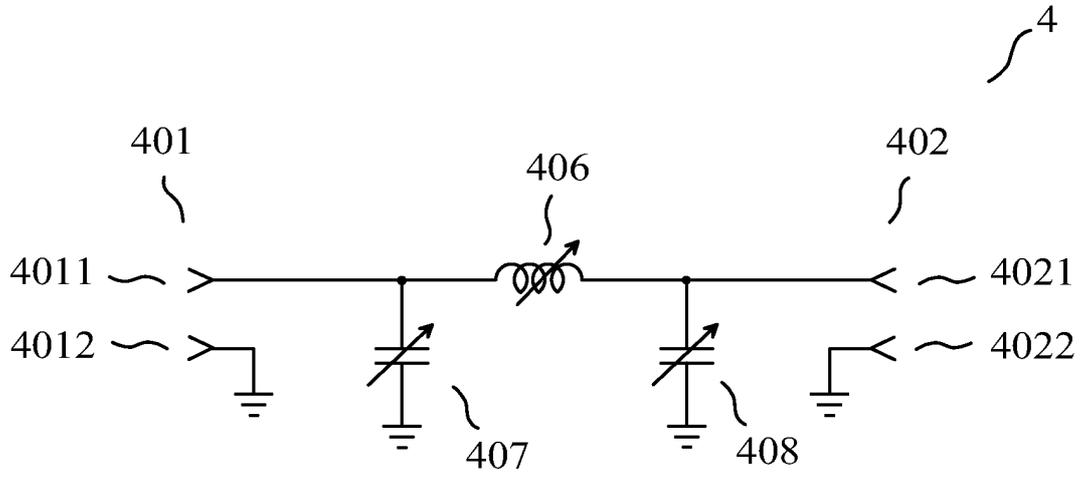


FIG. 7

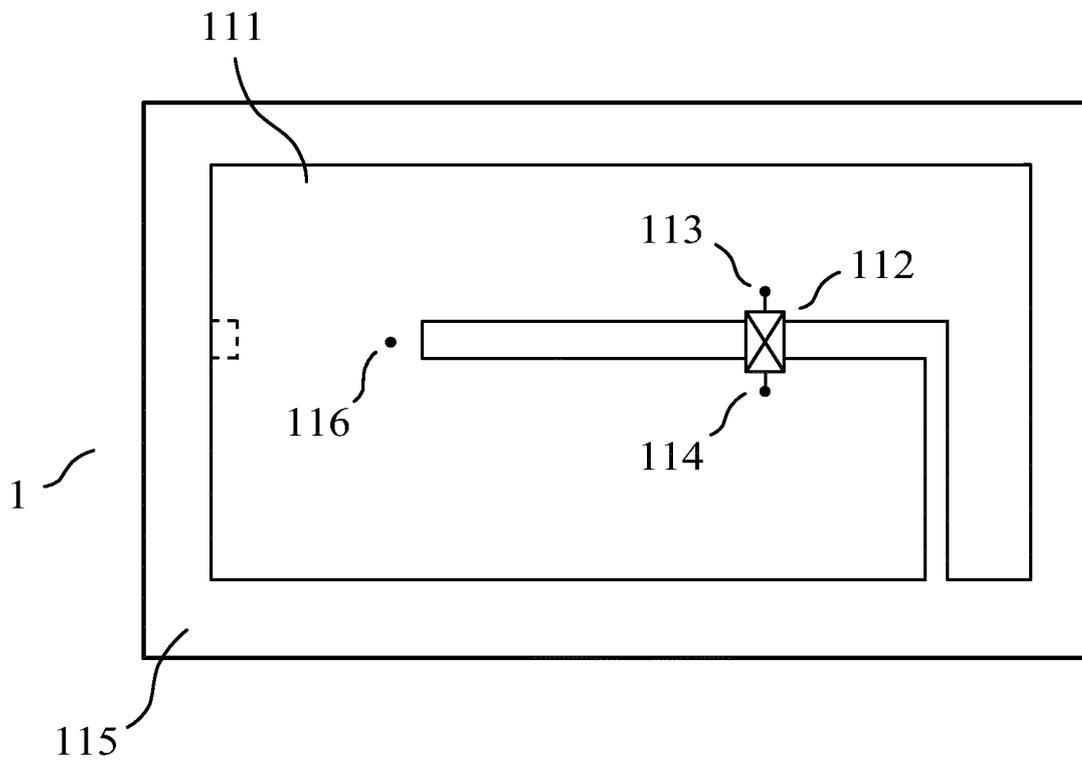


FIG. 8

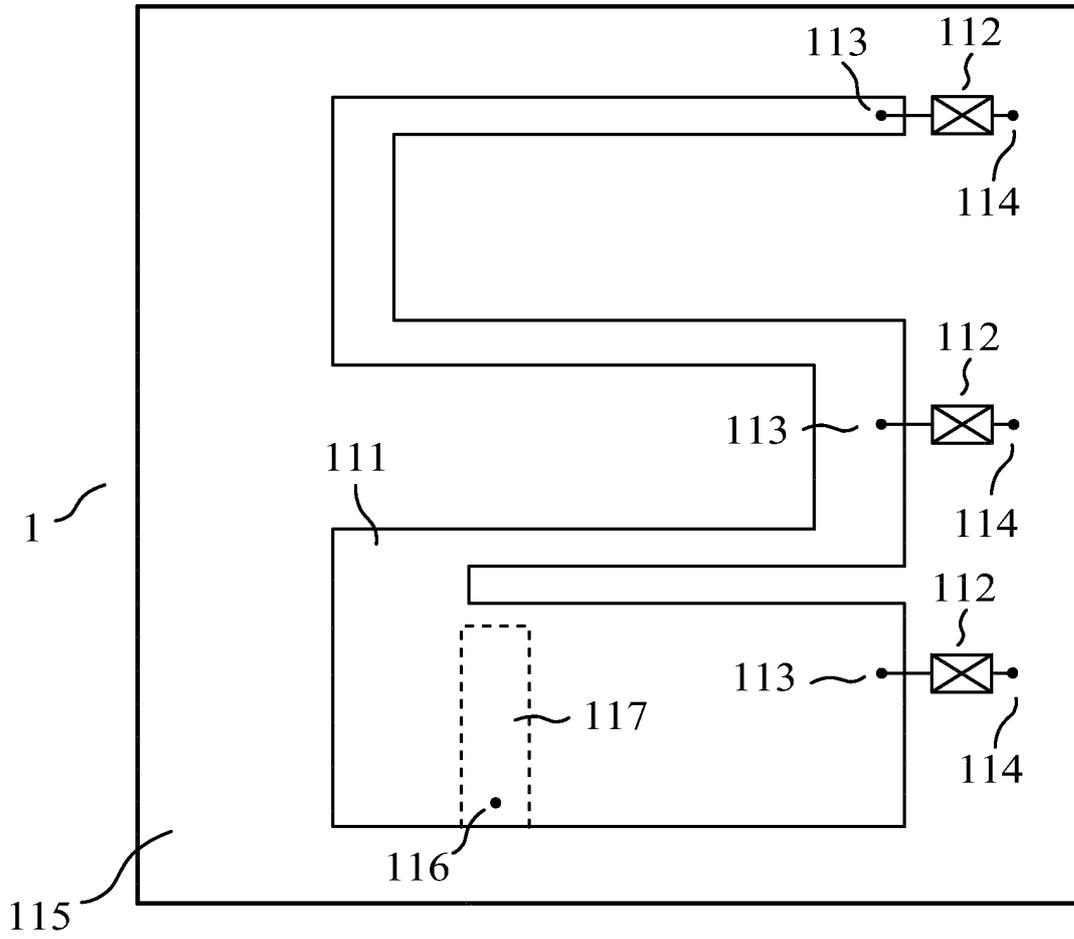


FIG. 9

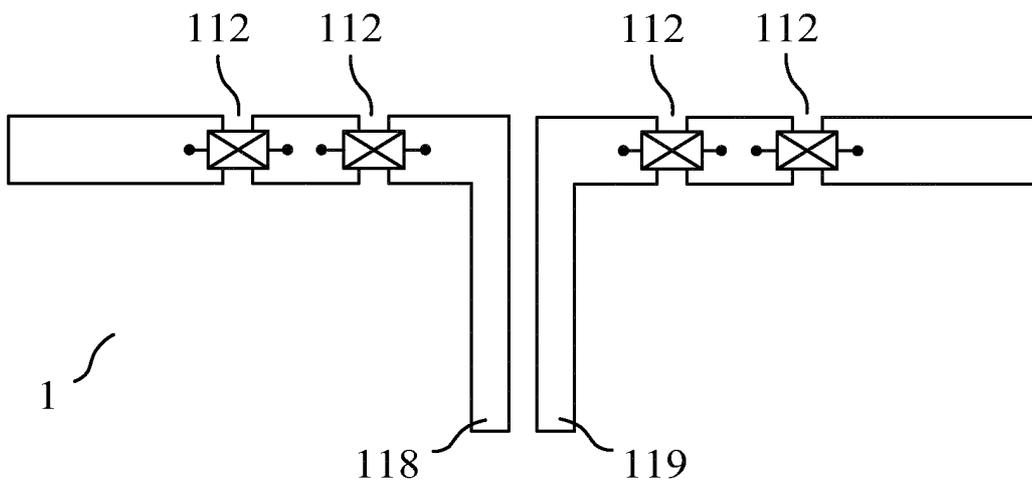


FIG. 10

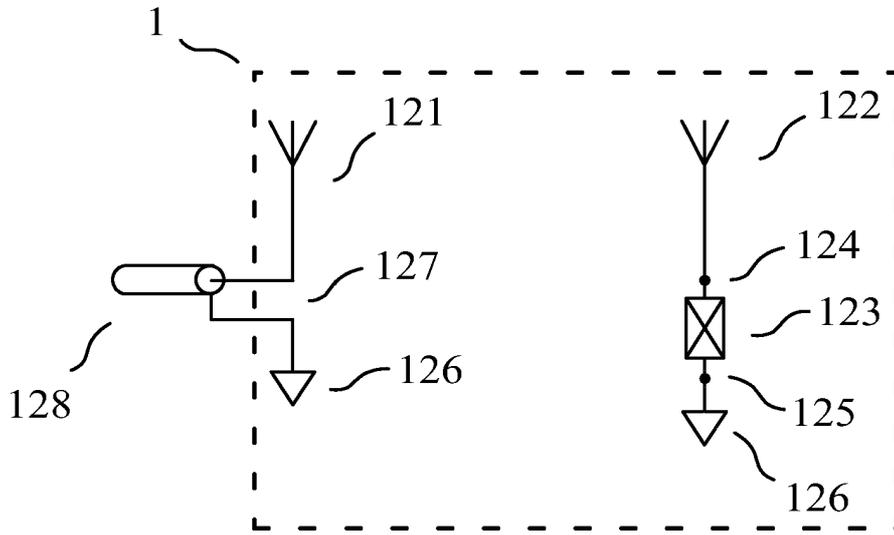


FIG. 11

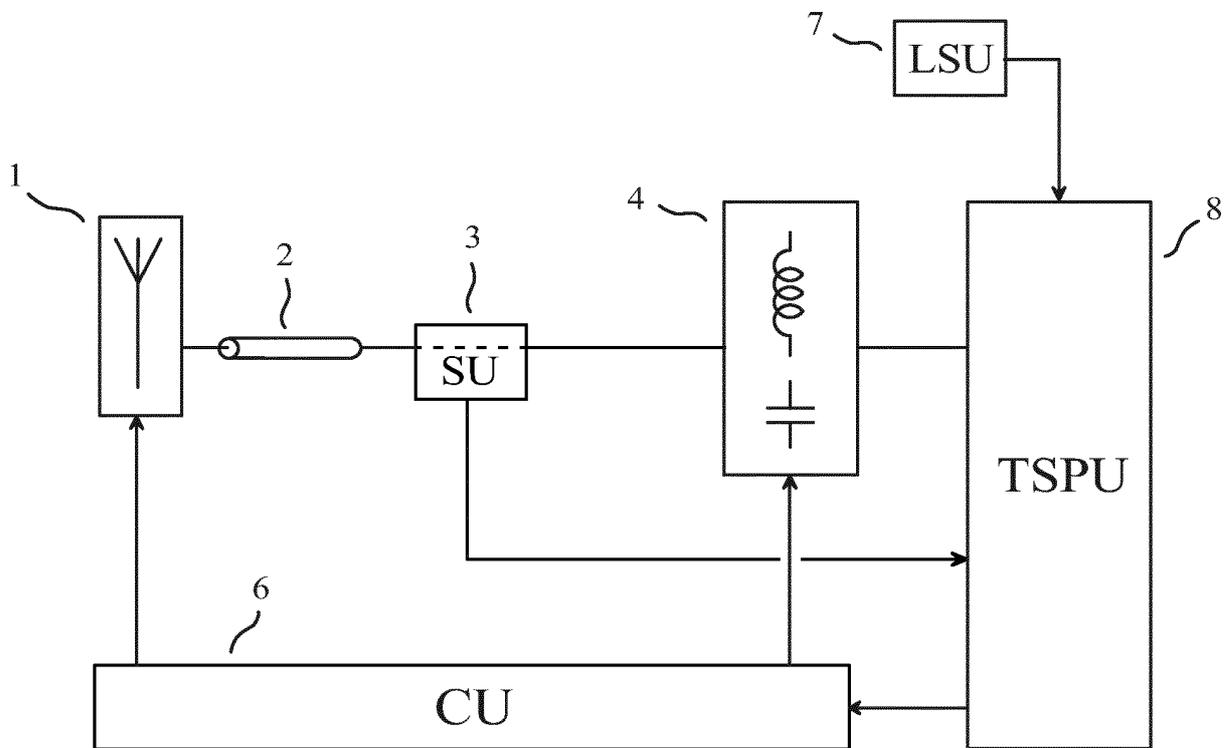


FIG. 12

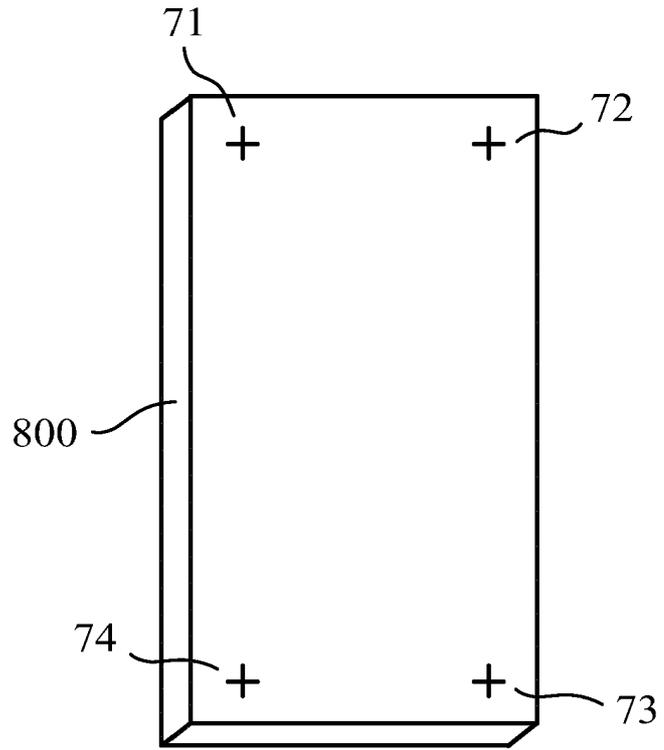


FIG. 13

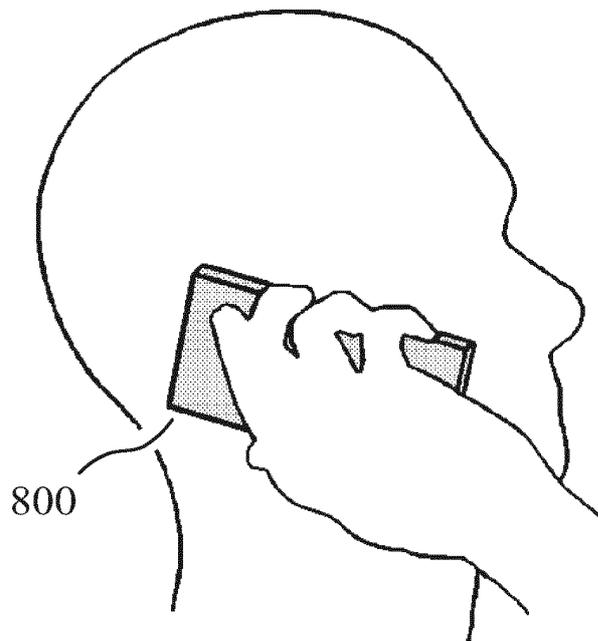


FIG. 14

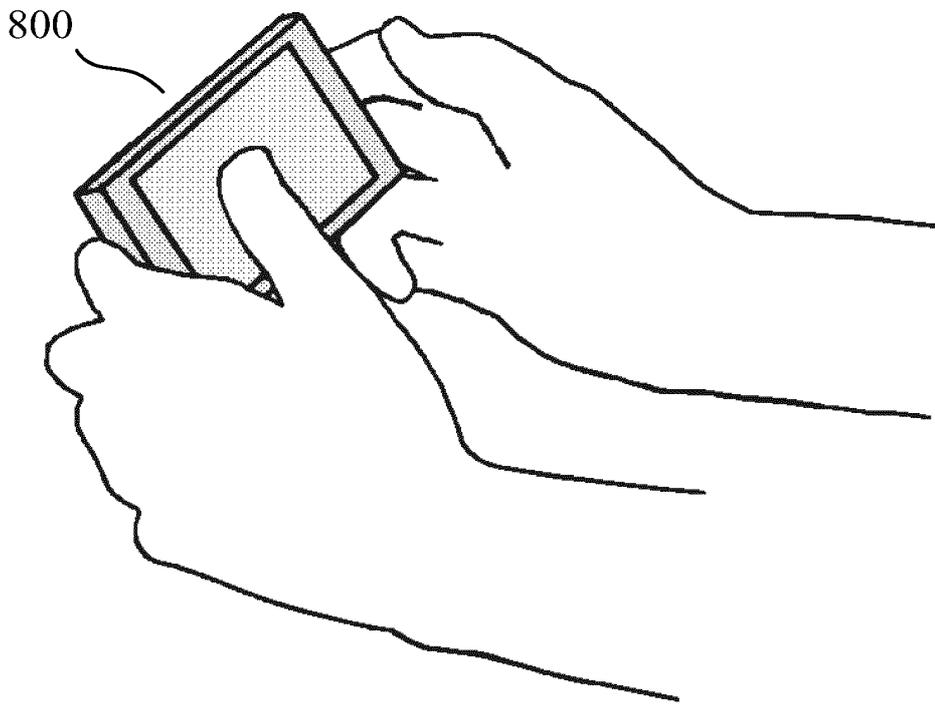


FIG. 15

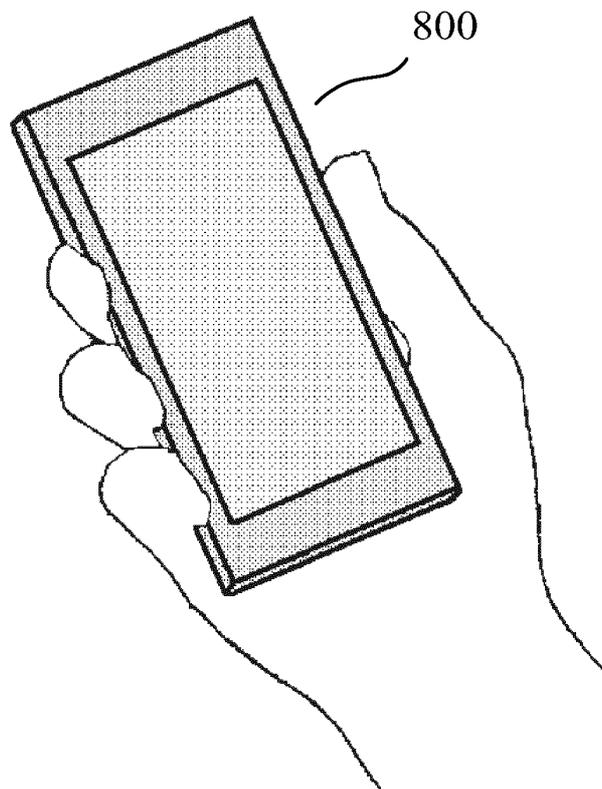


FIG. 16

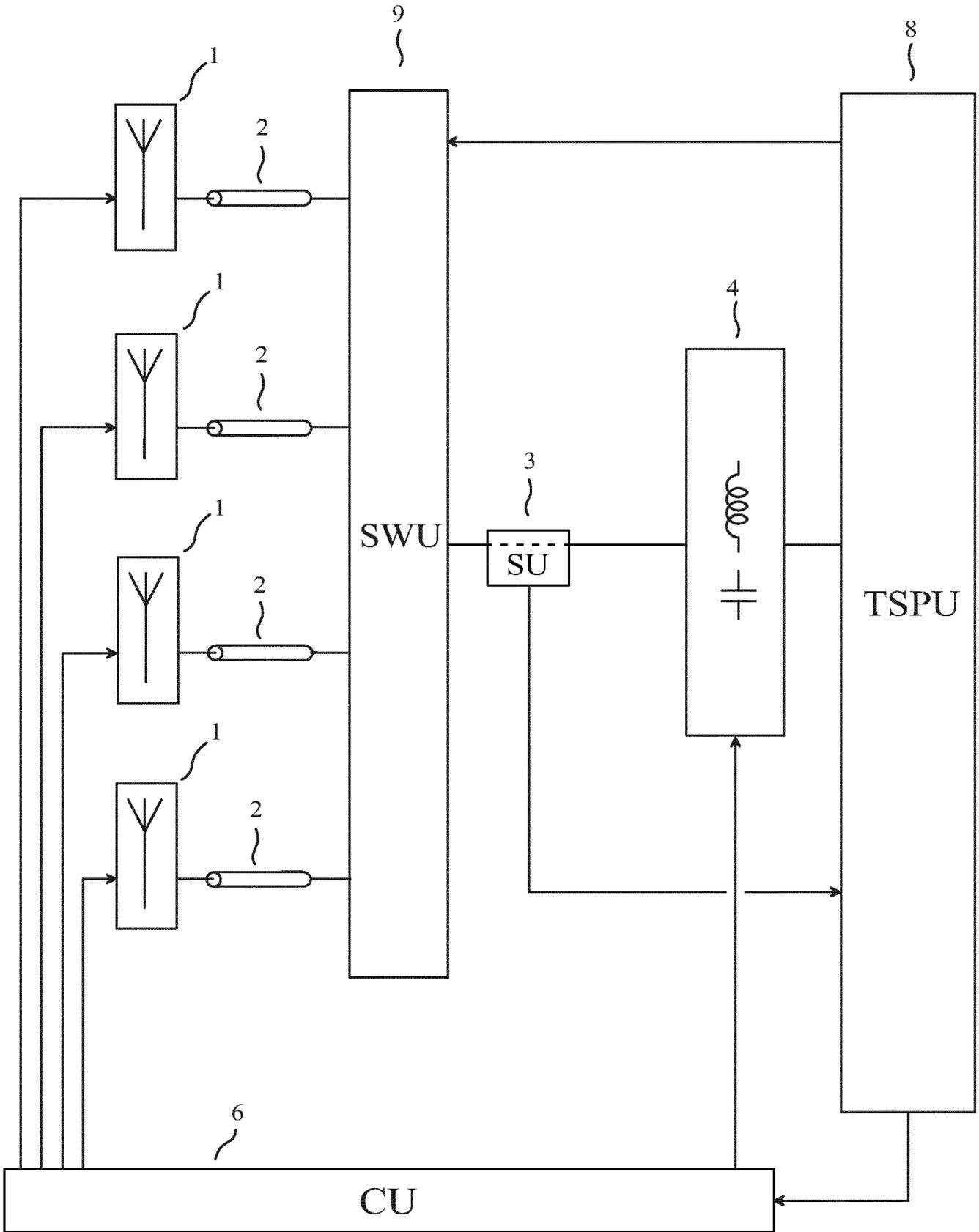


FIG. 17

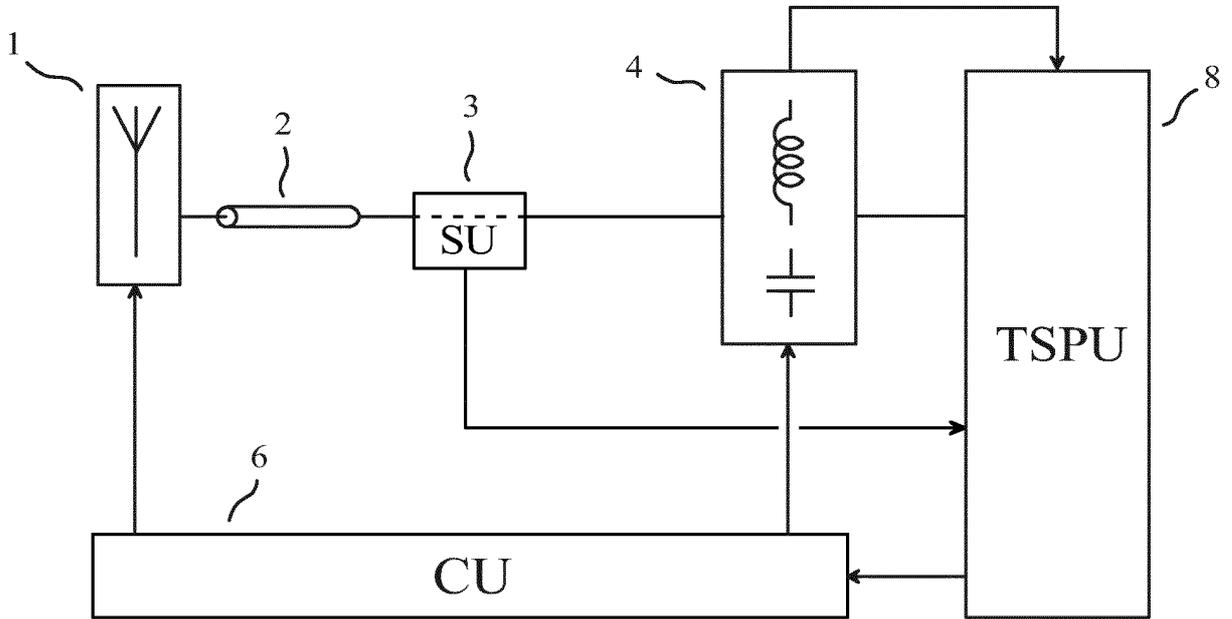


FIG. 18

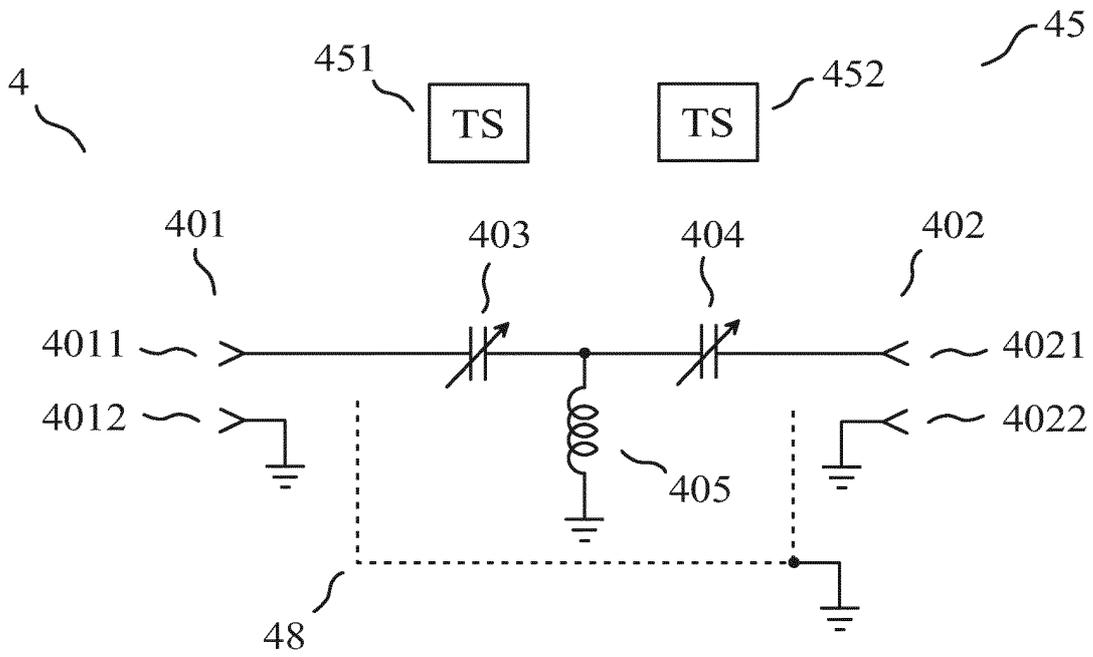


FIG. 19

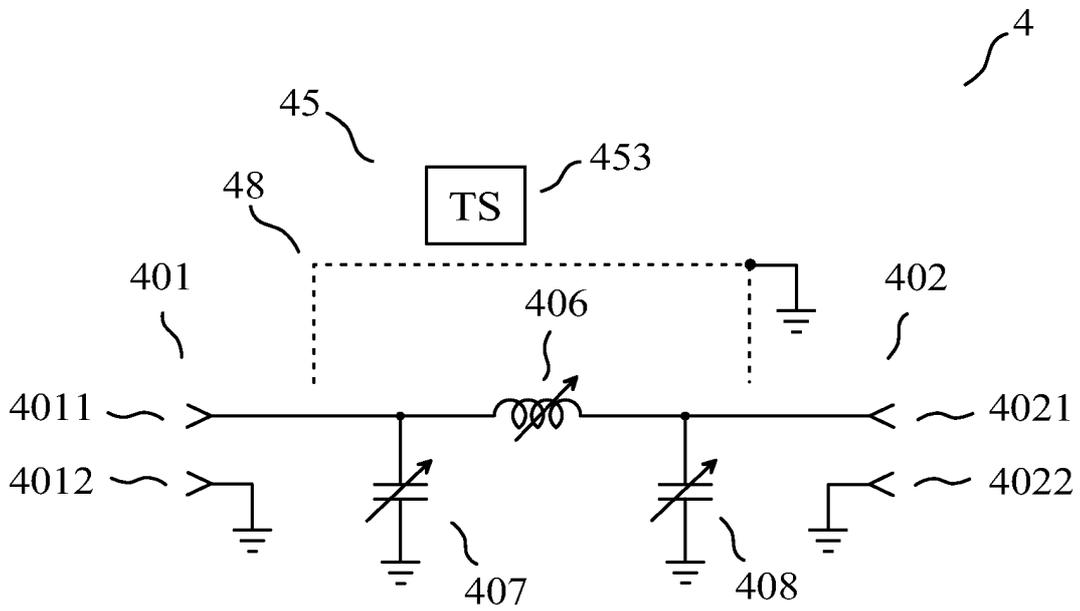


FIG. 20

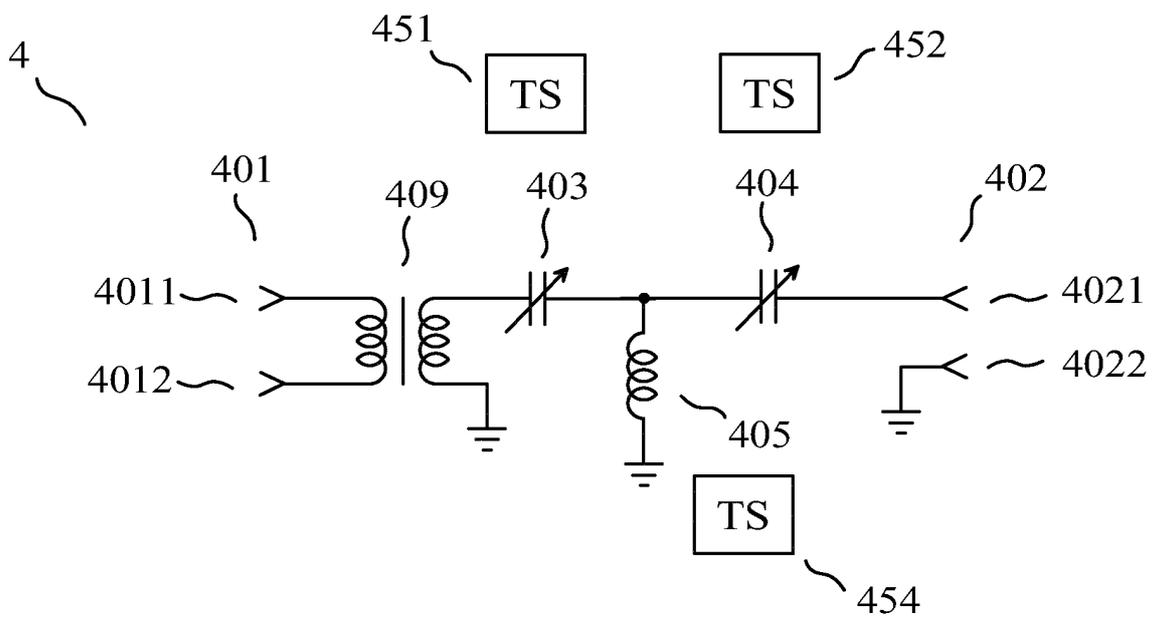


FIG. 21

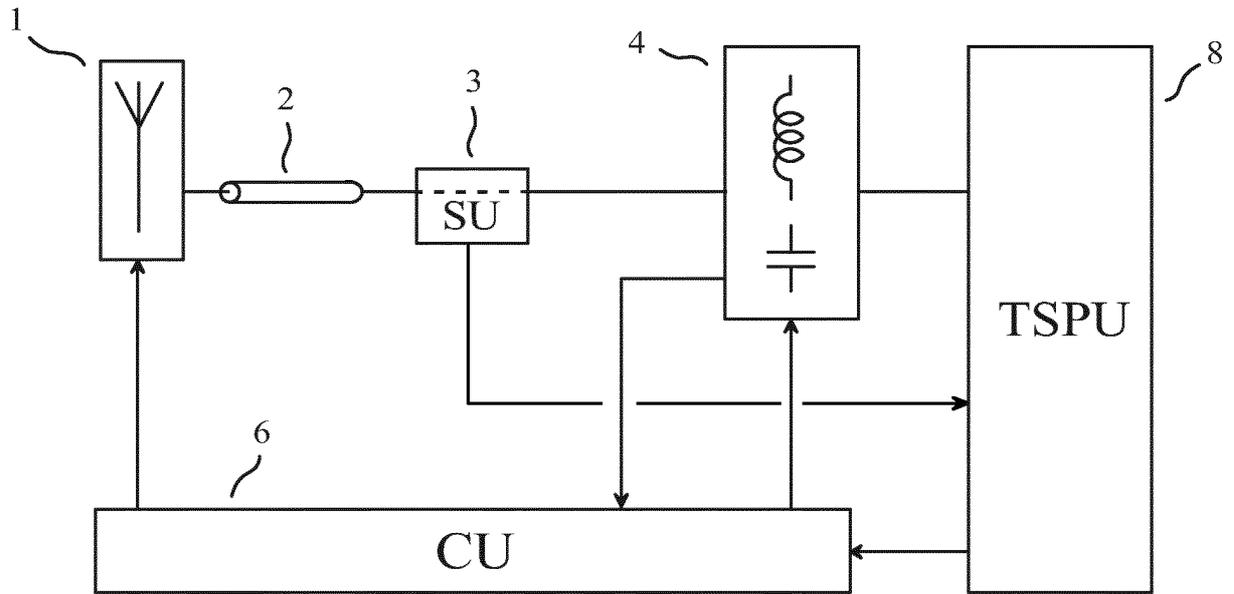


FIG. 22

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.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'ETABLISSEMENT DU PRESENT 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 CITES DANS LE PRESENT 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

NEANT

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

US 2016/043751 A1 (BROYDE FRÉDÉRIC [FR] ET AL) 11 février 2016 (2016-02-11)

BROYDE FREDERIC ET AL: "Some Properties of Multiple-Antenna-Port and Multiple-User-Port Antenna Tuners", IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS I: REGULAR PAPERS, IEEE, US, vol. 62, no. 2, 1 février 2015 (2015-02-01), pages 423-432, XP011571610, ISSN: 1549-8328, DOI: 10.1109/TCSI.2014.2363513 [extrait le 2015-01-26]

US 2017/063344 A1 (BROYDE FRÉDÉRIC [FR] ET AL) 2 mars 2017 (2017-03-02)

BROYDE FREDERIC ET AL: "Two multiple-antenna-port and multiple-user-port antenna tuners", 2015 9TH EUROPEAN CONFERENCE ON ANTENNAS AND PROPAGATION (EUCAP), EURAAP, 13 avril 2015 (2015-04-13), pages 1-5, XP033212966,

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

NEANT