

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 22.06.16.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 29.12.17 Bulletin 17/52.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : TEKCEM Société par actions simpli-
fiée — FR.

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

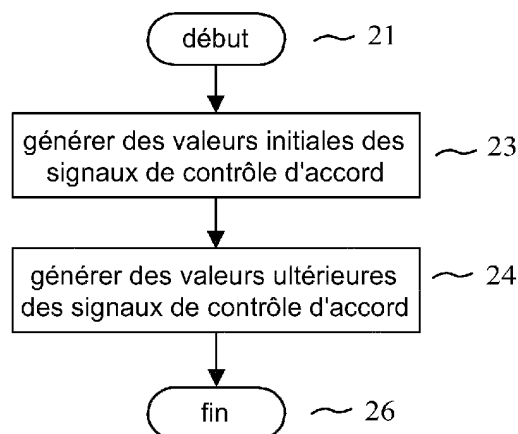
73 Titulaire(s) : TEKCEM Société par actions simplifiée.

74 Mandataire(s) : TEKCEM.

54 PROCÉDE POUR LE REGLAGE AUTOMATIQUE D'UN CIRCUIT D'ADAPTATION ACCORDABLE, ET
SYSTÈME D'ACCORD AUTOMATIQUE UTILISANT CE PROCÉDE.

57 L'invention concerne un procédé pour réglage auto-
matique d'un circuit d'adaptation accordable à accès d'en-
trée unique et accès de sortie unique, par exemple un circuit
d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès
de sortie unique couplé à une antenne d'un émetteur-récep-
teur radio. L'invention concerne aussi un système d'accord
automatique utilisant ce procédé.

La réactance de chaque dispositif à impédance réglable
du circuit d'adaptation accordable est déterminée par au
moins un signal de contrôle d'accord. En plus du symbole de
début (21) et du symbole de fin (26), un algorithme d'une
séquence d'accord comporte: un traitement "générer des
valeurs initiales des signaux de contrôle d'accord" (23), qui
utilise une structure de commande en boucle ouverte, et
dans lequel une unité de contrôle d'accord génère des va-
leurs initiales des signaux de contrôle d'accord; et un traite-
ment "générer des valeurs ultérieures des signaux de
contrôle d'accord" (24), qui utilise une structure de com-
mande en boucle fermée et un algorithme de régulation par
recherche d'extremum, et dans lequel l'unité de contrôle
d'accord génère des valeurs ultérieures des signaux de
contrôle d'accord.



Procédé pour réglage automatique d'un circuit d'adaptation accordable, et système d'accord automatique utilisant ce procédé

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

L'invention concerne un procédé pour réglage automatique d'un circuit d'adaptation
5 accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, par exemple un circuit d'adaptation
accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique couplé à une antenne d'un émetteur-
récepteur radio. L'invention concerne aussi un système d'accord automatique utilisant ce
procédé.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

10 Accorder une impédance signifie obtenir qu'une impédance présentée par un accès d'entrée
d'un dispositif soit voisine d'une impédance recherchée, et offrir simultanément un transfert de
puissance idéalement sans perte, ou presque sans perte, depuis l'accès d'entrée vers un accès de
sortie du dispositif, dans un contexte où l'impédance vue par l'accès de sortie peut varier. Ainsi,
si un générateur de signal présentant une impédance égale au complexe conjugué de
15 l'impédance recherchée est connecté à l'accès d'entrée, il fournira une puissance maximale à
l'accès d'entrée, cette puissance maximale étant appelé "puissance disponible", et l'accès de
sortie délivrera une puissance voisine de cette puissance maximale.

Un circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique se
comporte, à toute fréquence dans une bande de fréquences donnée, par rapport à son accès
20 d'entrée et à son accès de sortie, sensiblement comme un dispositif linéaire passif à 2 accès. Ici,
"passif" est utilisé au sens de la théorie des circuits, si bien que le circuit d'adaptation
accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique ne procure pas d'amplification. Un
circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comporte un
ou plusieurs dispositifs à impédance réglable ayant chacun une réactance réglable. Régler un
25 circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique signifie régler
la réactance d'un ou plusieurs de ses dispositifs à impédance réglable. Un circuit d'adaptation
accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique peut être utilisé pour accorder une
impédance. Pour accorder une impédance, le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée
unique et accès de sortie unique doit être réglé convenablement.

30 Dans ce qui suit, un système d'accord automatique est un appareil qui peut régler
automatiquement un circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie
unique. Lorsqu'il est destiné à être inséré entre une antenne et un émetteur radio, le système
d'accord automatique est parfois appelé "appareil d'accord d'antenne automatique" (en anglais :
"automatic antenna tuner") ou "module d'adaptation d'impédance adaptatif" (en anglais :
35 "adaptive impedance matching module"). Un système d'accord automatique est effectivement

adaptatif, dans le sens où des paramètres de circuit, à savoir les réactances de dispositifs à impédance réglable, sont modifiés au cours du temps, en fonction de variables de circuit telles que des tensions ou courants captés.

De nombreux systèmes d'accord automatique ont été décrits, qui utilisent une ou plusieurs quantités réelles dépendantes de l'impédance présentée par l'accès d'entrée, ces quantités réelles étant traitées pour obtenir des "signaux de contrôle d'accord", les signaux de contrôle d'accord étant utilisés pour contrôler les réactances des dispositifs à impédance réglable d'un circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique.

Le schéma bloc d'un système d'accord automatique de l'état de l'art antérieur, ayant un accès utilisateur et un accès cible, est montré sur la figure 1. Le système d'accord automatique montré sur la figure 1 permet, à une fréquence donnée, un transfert de puissance depuis l'accès utilisateur (5) vers l'accès cible (6), le système d'accord automatique comportant :

- une unité de détection (1) délivrant un ou plusieurs "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 utilisateur ;
- une unité de traitement du signal (2) estimant une ou plusieurs quantités réelles dépendantes d'une impédance présentée par l'accès utilisateur, en utilisant les signaux de sortie d'unité de détection obtenus pendant qu'une excitation est appliquée à l'accès utilisateur, l'unité de traitement du signal produisant un signal de sortie ;
- un circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4) comportant un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable, les un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable étant tels que, à ladite fréquence donnée, chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable a une réactance, la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable ayant une influence sur l'impédance présentée par l'accès utilisateur, la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable étant réglable par moyen électrique ;
- une unité de contrôle d'accord (3), l'unité de contrôle d'accord recevant le signal de sortie de l'unité de traitement du signal, l'unité de contrôle d'accord délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord" au circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, la réactance de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable étant principalement déterminée par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord.

Dans la figure 1, l'accès de sortie du circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique est directement couplé à l'accès cible (6), et l'accès d'entrée du circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique est indirectement couplé à l'accès utilisateur (5), à travers l'unité de détection (1). L'unité de détection est telle que chacune des dites une ou plusieurs quantités réelles dépendantes d'une impédance présentée

par l'accès utilisateur est aussi une quantité réelle dépendante de l'impédance présentée par l'accès d'entrée (du circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique). En fait, l'unité de détection est typiquement telle que l'impédance présentée par l'accès utilisateur est voisine de l'impédance présentée par cet accès d'entrée.

5 Par exemple, dans un système d'accord automatique divulgué dans le brevet des États-Unis d'Amérique n° 2,523,791, intitulé "Automatic Tuning System", dans un système d'accord automatique divulgué dans le brevet des États-Unis d'Amérique n° 2,745,067, intitulé "Automatic Impedance Matching Apparatus", et dans un système d'accord automatique divulgué dans le brevet des États-Unis d'Amérique n° 3,443,231, intitulé "Impedance Matching
10 System", l'impédance recherchée est une résistance. Nous utiliserons R_0 pour noter cette résistance. Dans chacun de ces appareils, une tension v et un courant i sont captés en un point donné d'un circuit, l'impédance présentée par l'accès utilisateur étant $Z = v / i$. Dans chacun de ces appareils, les quantités réelles dépendantes de l'impédance présentée par l'accès utilisateur sont une tension déterminée par la phase de v par rapport à i , cette phase étant égale à l'argument
15 de Z , et une tension sensiblement proportionnelle à la différence $|v| - R_0 |i|$. Dans chacun de ces appareils, la deuxième quantité réelle dépendante de l'impédance présentée par l'accès utilisateur est sensiblement égale à zéro si l'impédance présentée par l'accès utilisateur est sensiblement égale à l'impédance recherchée, mais l'inverse n'est pas vrai. Dans le cas des dits brevets n° 2,745,067 et n° 3,443,231, les deux quantités réelles dépendantes de l'impédance
20 présentée par l'accès utilisateur sont sensiblement égales à zéro si et seulement si l'impédance présentée par l'accès utilisateur est sensiblement égale à l'impédance recherchée.

Les systèmes d'accord automatique divulgués dans les dits brevets n° 2,523,791 et n° 2,745,067 correspondent chacun au schéma bloc montré sur la figure 1. Dans le cas du dit brevet n° 3,443,231, deux autres quantités réelles représentatives d'une impédance autre que
25 l'impédance présentée par l'accès utilisateur sont aussi utilisées pour obtenir les signaux de contrôle d'accord. Ainsi, le schéma bloc montré sur la figure 1 n'est pas applicable au système d'accord automatique divulgué dans ledit brevet n° 3,443,231. Cependant, un spécialiste voit qu'il est possible de considérer que le système d'accord automatique divulgué dans ledit brevet n° 3,443,231 est en fait constitué de deux systèmes d'accord automatique correspondant chacun
30 au schéma bloc montré sur la figure 1.

Par exemple, dans un système d'accord automatique divulgué dans le brevet des États-Unis d'Amérique n° 4,356,458, intitulé "Automatic Impedance Matching Apparatus" et dans un système d'accord automatique divulgué dans le brevet des États-Unis d'Amérique n° 5,225,847 intitulé "Automatic Antenna Tuning System", deux tensions sont captées : une tension
35 sensiblement proportionnelle au module d'une tension incidente complexe à l'accès utilisateur (en anglais "tension incidente" se dit : "incident voltage" ou "forward voltage"), et une tension sensiblement proportionnelle au module d'une tension réfléchie complexe à l'accès utilisateur. En utilisant les mêmes notations que ci-dessus, v_F pour noter la tension incidente complexe à

l'accès utilisateur, et v_R pour noter la tension réfléchie complexe à l'accès utilisateur, le spécialiste comprend que les dits modules sont donnés par $|v_F| = |v + R_0 i| / 2$ et par $|v_R| = |v - R_0 i| / 2$, respectivement. Dans chacun de ces appareils, une seule quantité réelle dépendante de l'impédance présentée par l'accès utilisateur est utilisée. C'est un nombre traité
 5 dans un circuit numérique. Dans l'un de ces appareils, ce nombre est sensiblement égal au rapport entre le module de la tension réfléchie complexe et le module de la tension incidente complexe, c'est-à-dire à $|v_R| / |v_F|$. Dans l'autre de ces appareils, ce nombre est sensiblement égal au carré de l'inverse de ce rapport, c'est-à-dire à $|v_F|^2 / |v_R|^2$.

Par exemple, dans un système d'accord automatique divulgué dans le brevet des États-Unis
 10 d'Amérique n° 4,493,112, intitulé "Antenna Tuner Discriminator", deux tensions complexes sont captées : une tension sensiblement proportionnelle à une tension incidente à l'accès utilisateur, et une tension sensiblement proportionnelle à une tension réfléchie à l'accès utilisateur. En utilisant la tension incidente comme référence de phase, une tension proportionnelle à la partie réelle de la tension réfléchie et une tension proportionnelle à la partie
 15 imaginaire de la tension réfléchie sont obtenues. Dans cet appareil, les quantités réelles dépendantes de l'impédance présentée par l'accès utilisateur sont la tension proportionnelle à la partie réelle de la tension réfléchie et la tension proportionnelle à la partie imaginaire de la tension réfléchie. Dans cet appareil, les deux quantités réelles dépendantes de l'impédance présentée par l'accès utilisateur sont sensiblement égales à zéro si et seulement si l'impédance
 20 présentée par l'accès utilisateur est sensiblement égale à l'impédance recherchée.

Dans les appareils divulgués dans les dits brevets n° 4,356,458 et n° 5,225,847, une boucle de rétroaction numérique impliquant de la logique séquentielle doit être utilisée pour obtenir les signaux de contrôle d'accord et accorder l'impédance présentée par l'accès utilisateur, parce que l'unique quantité réelle dépendante de l'impédance présentée par l'accès utilisateur ne procure
 25 pas une information complète sur l'impédance présentée par l'accès utilisateur. Dans les autres appareils considérés ci-dessus, un accord plus rapide peut être obtenu, car deux quantités réelles dépendantes de l'impédance présentée par l'accès utilisateur procurent une information complète sur l'impédance présentée par l'accès utilisateur, si bien qu'une simple boucle de rétroaction négative peut être utilisée pour obtenir les signaux de contrôle d'accord et accorder l'impédance
 30 présentée par l'accès utilisateur.

Les systèmes d'accord automatique divulgués dans les dits brevets n° 4,356,458, n° 4,493,112 et n° 5,225,847 correspondent chacun au schéma bloc montré sur la figure 1.

Le système d'accord automatique montré sur la figure 1 utilise une structure de commande en boucle fermée (asservissement), dans laquelle les quantités réelles dépendantes de
 35 l'impédance présentée par l'accès utilisateur sont utilisées pour obtenir des signaux de contrôle d'accord, qui déterminent la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable, et qui par conséquent déterminent l'impédance présentée par l'accès utilisateur. Le spécialiste comprend qu'un système d'accord automatique utilisant des quantités réelles dépendantes de l'impédance présentée par l'accès utilisateur qui procurent une information complète sur l'impédance

présentée par l'accès utilisateur, peut obtenir l'accord le plus rapide si, en s'appuyant sur cette information complète obtenue à un instant donné pour des signaux de contrôle d'accord connus et sur un modèle du circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, il calcule les valeurs des signaux de contrôle d'accord nécessaires pour obtenir un accord exact et délivre rapidement les signaux de contrôle d'accord correspondants. Dans ce cas, le calcul est très difficile, parce qu'il n'existe pas de relation directe entre les quantités réelles dépendantes de l'impédance présentée par l'accès utilisateur et la valeur de réactance que chacun des dispositifs à impédance réglable doit prendre après avoir été réglé. Ainsi, le système d'accord automatique montré sur la figure 1 est lent ou exige des calculs très difficiles. De plus, il peut être montré qu'un réglage d'un circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique obtenu en utilisant le système d'accord automatique montré sur la figure 1 n'est pas nécessairement optimal lorsque les pertes dans le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique ne sont pas très faibles.

Le schéma bloc d'un autre système d'accord automatique de l'état de l'art antérieur, ayant un accès utilisateur et un accès cible, est montré sur la figure 2. Le système d'accord automatique montré sur la figure 2 permet, à une fréquence donnée, un transfert de puissance depuis l'accès utilisateur (5) vers l'accès cible (6), le système d'accord automatique comportant :

- une unité de détection (1) délivrant un ou plusieurs "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 cible ;
- une unité de traitement du signal (2) estimant une ou plusieurs quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès cible, en utilisant les signaux de sortie d'unité de détection obtenus pendant qu'une excitation est appliquée à l'accès utilisateur, l'unité de traitement du signal produisant un signal de sortie ;
- un circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4) comportant un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable, les un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable étant tels que, à ladite fréquence donnée, chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable a une réactance, la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable ayant une influence sur l'impédance présentée par l'accès utilisateur, la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable étant réglable par moyen électrique ;
- une unité de contrôle d'accord (3), l'unité de contrôle d'accord recevant le signal de sortie de l'unité de traitement du signal, l'unité de contrôle d'accord délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord" au circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, la réactance de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable étant principalement déterminée par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord.

Dans la figure 2, l'accès de sortie du circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique est indirectement couplé à l'accès cible (6), à travers l'unité de détection (1), et l'accès d'entrée du circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique est directement couplé à l'accès utilisateur (5). L'unité de détection est telle que chacune des dites une ou plusieurs quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès cible est aussi une quantité réelle dépendante de l'impédance vue par l'accès de sortie (du circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique). En fait, l'unité de détection est typiquement telle que l'impédance vue par l'accès cible est voisine de l'impédance vue par cet accès de sortie.

Par exemple, dans un système d'accord automatique divulgué dans le brevet des États-Unis d'Amérique n° 5,564,086, intitulé "Method and apparatus for enhancing an operating characteristic of a radio transmitter" et dans un système d'accord automatique divulgué dans le brevet des États-Unis d'Amérique n° 6,414,562 intitulé "Circuit and method for impedance matching", deux tensions sont captées : une tension sensiblement proportionnelle à une tension incidente complexe à l'accès cible, notée u_F , et une tension sensiblement proportionnelle à une tension réfléchie complexe à l'accès cible, notée u_R . Dans ledit brevet n° 5,564,086, les quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès cible sont le module et la phase du rapport entre la tension réfléchie complexe et la tension incidente complexe, c'est-à-dire du rapport u_R / u_F . Dans ledit brevet n° 6,414,562, les quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès cible sont la différence entre les modules de u_F et u_R , c'est-à-dire $|u_F| - |u_R|$, et une fonction réelle de la différence de phase entre u_F et u_R , cette fonction étant produite par un comparateur de phase.

Les systèmes d'accord automatique divulgués dans les dits brevets n° 5,564,086 et n° 6,414,562 correspondent chacun au schéma bloc montré sur la figure 2.

Le système d'accord automatique montré sur la figure 2 utilise une structure de commande en boucle ouverte, dans laquelle les quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès cible sont utilisées pour obtenir des signaux de contrôle d'accord, les signaux de contrôle d'accord n'ayant aucune influence sur l'impédance vue par l'accès cible. Le spécialiste comprend qu'un tel système d'accord automatique à structure de commande en boucle ouverte est explicitement ou implicitement basé sur un modèle du circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique. En utilisant la connaissance de la fréquence de fonctionnement et des quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès cible, le système d'accord automatique détermine les valeurs des signaux de contrôle d'accord. Ceci n'exige pas de calcul difficile. Par exemple, de simples interpolations sont seulement nécessaires si une table de consultation (en anglais: "lookup table" ou "look-up table") est utilisée pour obtenir des signaux de contrôle d'accord, en se basant sur la fréquence de fonctionnement et sur les quantités réelles dépendantes de l'impédance vue par l'accès cible. Malheureusement, le système d'accord automatique montré sur la figure 2 ne procure fréquemment qu'un accord imprécis, si bien que l'impédance présentée par l'accès utilisateur n'est pas optimale.

Par conséquent, il n'y a pas de solution connue au problème de régler de façon optimale, rapide et automatique un circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, sans des calculs très difficiles, ou lorsque les pertes dans le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique ne sont pas très faibles.

5 EXPOSÉ DE L'INVENTION

L'invention a pour objet un procédé pour réglage automatique d'un circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, dépourvus des limitations mentionnées ci-dessus des techniques connues, et aussi un système d'accord automatique utilisant ce procédé.

10 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.

Le procédé selon l'invention est un procédé pour réglage automatique d'un circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique étant une partie d'un système
15 d'accord automatique ayant un "accès utilisateur" et un "accès cible", le système d'accord automatique permettant, dans une bande de fréquences donnée, un transfert de puissance depuis l'accès utilisateur vers l'accès cible, le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable, les un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable étant appelés les "dispositifs à impédance réglable du
20 circuit d'adaptation accordable" et étant tels que, à une fréquence dans la bande de fréquences donnée, chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable a une réactance, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable ayant une influence sur une impédance présentée par l'accès utilisateur, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation
25 accordable étant réglable par moyen électrique, la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable étant principalement déterminée par un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord", le procédé comportant les étapes suivantes :

appliquer une excitation à l'accès utilisateur, l'excitation ayant une fréquence porteuse appelée "la fréquence porteuse de l'excitation" ;

30 capter une ou plusieurs variables électriques à l'accès cible pendant que l'excitation est appliquée, pour obtenir 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 au moins une des une ou plusieurs variables électriques captées à l'accès cible ;

35 générer, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, une valeur initiale du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, en fonction d'une ou plusieurs quantités dépendantes de la fréquence porteuse de l'excitation, une commande en boucle ouverte étant utilisée pour générer ladite valeur initiale du dit

chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord ;
 générer, pour un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, au moins
 une valeur ultérieure de chacun des dits un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux
 de contrôle d'accord, un algorithme de régulation par recherche d'extremum étant
 5 utilisé pour générer ladite au moins une valeur ultérieure de chacun des dits un ou
 plusieurs des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, l'algorithme de régulation
 par recherche d'extremum cherchant à maximiser ou à minimiser une variable de
 performance en contrôlant les dits un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de
 contrôle d'accord, la variable de performance étant estimée en fonction d'un ou
 10 plusieurs des un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection.

Par exemple, la bande de fréquences donnée peut être un intervalle de fréquences
 supérieures ou égales à 150 kHz. Nous noterons Z_{Sant} l'impédance vue par l'accès cible, et Z_U
 l'impédance présentée par l'accès utilisateur. Z_{Sant} et Z_U sont des nombres complexes dépendants
 de la fréquence. Ledit transfert de puissance depuis l'accès utilisateur vers l'accès cible peut être
 15 un transfert de puissance avec des pertes faibles ou négligeables ou nulles, cette caractéristique
 étant préférée.

Par exemple, il est possible que l'excitation soit une porteuse non modulée, la fréquence
 porteuse de l'excitation étant la fréquence de ladite porteuse. Par exemple, il est possible que
 l'excitation soit une porteuse modulée en amplitude, la fréquence porteuse de l'excitation étant
 20 la fréquence de ladite porteuse. Par exemple, il est possible que l'excitation soit une porteuse
 modulée en fréquence, la fréquence porteuse de l'excitation étant la fréquence de ladite porteuse.
 Par exemple, comme expliqué dans le neuvième mode de réalisation, il est possible que
 l'excitation soit un signal passe-bande, la fréquence porteuse de l'excitation étant une fréquence
 porteuse du dit signal passe-bande.

La fréquence porteuse de l'excitation est dans la bande de fréquences donnée, et peut
 prendre une pluralité de valeurs dans la bande de fréquences donnée. Par exemple, les dites une
 ou plusieurs quantités dépendantes de la fréquence porteuse de l'excitation peuvent être telles
 qu'elles permettent d'estimer la fréquence porteuse de l'excitation.

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

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

Un dispositif à impédance réglable ayant une réactance réglable par moyen électrique peut être tel qu'il procure seulement, à ladite fréquence dans la bande de fréquences 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 (en anglais: "MEMS switches"), ou des diodes PIN, ou des transistors à effet de champ à grille isolée (MOSFETs), utilisés pour faire contribuer différents condensateurs ou différents tronçons de ligne de transmission en circuit ouvert du réseau à la réactance ; ou

- 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.

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

Les algorithmes de régulation par recherche d'extremum (en anglais: extremum-seeking control algorithms) sont bien connus des spécialistes. La régulation par recherche d'extremum (en anglais: extremum-seeking control) est une famille de procédés de régulation non linéaire, dont l'objet est de trouver de façon autonome un maximum ou un minimum d'une variable de performance, la variable de performance étant une fonction réelle d'une ou plusieurs sorties d'un système contrôlé, en contrôlant une ou plusieurs entrées du système contrôlé. Dans les algorithmes de régulation par recherche d'extremum, un ou plusieurs signaux variant au cours du temps sont appliqués à ces une ou plusieurs entrées du système contrôlé, d'une façon qui permet à l'algorithme de sonder la non-linéarité de la variable de performance par rapport aux une ou plusieurs entrées du système contrôlé, et de se rapprocher d'un extremum. Ainsi, les algorithmes de régulation par recherche d'extremum sont basés sur l'information de l'existence de l'extremum, mais ils n'ont pas besoin d'une connaissance exacte du système contrôlé pour trouver l'extremum. Pour cette raison, il est dit de la régulation par recherche d'extremum que c'est une approche d'optimisation en temps réel qui n'est pas basée sur un modèle. Par exemple,

le livre de K.B. Ariyur et M. Krstic, intitulé *Real-Time Optimization by Extremum-Seeking Control* et publié par Wiley-Interscience en 2003, décrit un type de régulation par recherche d'extremum qui utilise une ou plusieurs perturbations périodiques (par exemple des perturbations sinusoïdales), et qui est habituellement appelé "perturbation based extremum-seeking control" en anglais. Par exemple, le livre de S.-J. Liu et M. Krstic, intitulé *Stochastic Averaging and Stochastic Extremum Seeking* et publié par Springer-Verlag en 2012, décrit un type de régulation par recherche d'extremum qui utilise une ou plusieurs perturbations stochastiques (par exemple des perturbations aléatoires), et qui est habituellement appelé "stochastic extremum-seeking control" en anglais. Il y a de nombreux autres types de régulation par recherche d'extremum, tels que ceux qui sont appelés en anglais "sliding mode extremum-seeking control", "neural network extremum-seeking control", "relay extremum seeking control", "perturb and observe", "numerical optimization based extremum-seeking control", etc, et qui sont bien connus des spécialistes. Par exemple l'article de B. Calli, W. Caarls, P. Jonker et M. Wisse, intitulé "Comparison of Extremum Seeking Control Algorithms for Robotic Applications" et publié dans *Proc. of the 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, aux pages 3195-3202, en octobre 2012, et l'article de C. Olalla, M.I. Arteaga, R. Leyva et A.E. Aroudi, intitulé "Analysis and Comparison of Extremum Seeking Control Techniques" et publié dans *Proc. 2007 IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, aux pages 72-76 en juin 2007 présentent d'intéressantes comparaisons de quelques types de régulation par recherche d'extremum.

Puisque, selon l'invention, l'algorithme de régulation par recherche d'extremum cherche à maximiser ou à minimiser une variable de performance en contrôlant les dits un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, le spécialiste comprend que, dans le contexte de la présente invention, il est possible de considérer que les dites une ou plusieurs entrées du système contrôlé sont les dits un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord. Ainsi, l'algorithme de régulation par recherche d'extremum contrôle et fait varier les dits un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord au cours du temps, pour se rapprocher d'un extremum (c'est-à-dire un maximum ou un minimum) de la variable de performance.

Selon l'invention, la variable de performance est estimée en fonction d'un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection. Ainsi la variable de performance dépend d'au moins une des une ou plusieurs variables électriques captées à l'accès cible. Par exemple, il est possible que la variable de performance soit une quantité réelle dépendant d'un module d'une tension à l'accès cible, ou une quantité représentative du module de la tension à l'accès cible. Ladite quantité réelle dépendant d'un module d'une tension à l'accès cible peut par exemple être sensiblement proportionnelle au module d'une tension à l'accès cible, ou au carré du module d'une tension à l'accès cible, ou au module d'un courant à l'accès cible, ou au carré du module d'un courant à l'accès cible, ou à une puissance moyenne délivrée par l'accès cible, ou au module d'une tension incidente à l'accès cible, ou au carré du module d'une tension

incidente à l'accès cible, ou au module d'un courant incident à l'accès cible, ou au carré du module d'un courant incident à l'accès cible. Ainsi, il est par exemple possible que la variable de performance soit une quantité réelle dépendante et/ou représentative du module d'une tension à l'accès cible, ou du module d'un courant à l'accès cible, ou d'une puissance moyenne délivrée par l'accès cible, ou du module d'une tension incidente à l'accès cible, ou du module d'un courant incident à l'accès cible.

Selon l'invention, il est par exemple possible que l'algorithme de régulation par recherche d'extremum s'achève lorsqu'un critère d'achèvement est satisfait. En d'autres termes, il est par exemple possible que l'algorithme de régulation par recherche d'extremum s'arrête de chercher à maximiser ou à minimiser la variable de performance lorsqu'un critère d'achèvement est satisfait. Par exemple, le critère d'achèvement peut être que l'algorithme de régulation par recherche d'extremum a opéré pendant un temps spécifié. Par exemple, dans le cas où l'algorithme de régulation par recherche d'extremum cherche à minimiser la variable de performance, le critère d'achèvement peut être que la variable de performance ne décroît pas rapidement (si bien qu'il peut être raisonnable de déduire que la variable de performance est proche d'un minimum). Par exemple, dans le cas où l'algorithme de régulation par recherche d'extremum cherche à maximiser la variable de performance, le critère d'achèvement peut être que la variable de performance ne croît pas rapidement (si bien qu'il peut être raisonnable de déduire que la variable de performance est proche d'un maximum). Par exemple, le critère d'achèvement peut être qu'une requête d'achèvement a été reçue.

Pendant que l'algorithme de régulation par recherche d'extremum cherche à maximiser ou à minimiser la variable de performance, il est possible que cet algorithme de régulation fasse varier les dits un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord au cours du temps, si bien qu'il est possible que l'impédance présentée par l'accès utilisateur varie au cours du temps, et que la variable de performance varie au cours du temps. Ceci peut être préjudiciable au fonctionnement d'un appareil comportant ledit système d'accord automatique. Par exemple, si ledit appareil est un récepteur radio ou un émetteur radio ou un émetteur-récepteur radio, de telles variations peuvent causer un fading indésirable. Ainsi, un avantage possible d'un achèvement éventuel de l'algorithme de régulation par recherche d'extremum est que l'algorithme de régulation ne fait plus varier les dits un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord au cours du temps.

Certains procédés de l'état de l'art antérieur pour régler automatiquement un circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique utilisent un algorithme de régulation par recherche d'extremum. Par exemple le chapitre 7 du livre de C. Zhang et R. Ordóñez, intitulé *Extremum-Seeking Control and Application* et publié par Springer-Verlag en 2012, explique comment un algorithme de régulation par recherche d'extremum peut être utilisé pour régler automatiquement un circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, l'algorithme de régulation par recherche d'extremum cherchant à réduire ou à minimiser une puissance réfléchie à l'accès utilisateur. De la même façon, les appareils décrits

dans les dits brevets n° 4,356,458 et n° 5,225,847 utilisent un algorithme de régulation par recherche d'extremum qui cherche à minimiser une quantité réelle dépendant d'un coefficient de réflexion à l'accès utilisateur ou d'un rapport d'onde stationnaire à l'accès utilisateur. Ces procédés de l'état de l'art antérieur pour régler automatiquement un circuit d'adaptation

5 accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique n'ont pas les caractéristiques suivantes de l'invention :

- selon l'invention, l'algorithme de régulation par recherche d'extremum est utilisé après que, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, une valeur initiale du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord a été générée, en fonction d'une
- 10 ou plusieurs quantités dépendantes de la fréquence porteuse de l'excitation ;
- selon l'invention, l'algorithme de régulation par recherche d'extremum cherche à maximiser ou à minimiser une variable de performance estimée en fonction d'un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection principalement déterminés par des variables électriques captées à l'accès cible.

15 Comme montré dans les modes de réalisation suivants, ces caractéristiques sont telles que l'invention peut être utilisée pour régler de façon optimale, rapide et automatique un circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, sans des calculs très difficiles, en dépit de la présence de pertes dans le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique. Ce résultat est étroitement lié au fait que l'invention

20 combine une structure de commande en boucle ouverte et une structure de commande en boucle fermée, utilisant toutes deux des variables électriques captées à l'accès cible. Plus précisément :

- l'étape, définie plus haut, de générer, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, une valeur initiale du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, utilise une structure de commande en boucle ouverte, dans laquelle les dites une ou
- 25 plusieurs quantités dépendantes de la fréquence porteuse de l'excitation sont utilisées pour obtenir les une ou plusieurs valeurs initiales des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, les une ou plusieurs valeurs initiales des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord n'ayant aucune influence sur la fréquence porteuse de l'excitation ;
- l'étape, définie plus haut, de générer, pour un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de
- 30 contrôle d'accord, au moins une valeur ultérieure de chacun des dits un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, utilise un algorithme de régulation par recherche d'extremum, qui utilise une structure de commande en boucle fermée.

Le spécialiste comprend que les caractéristiques de la structure de commande en boucle ouverte et de la structure de commande en boucle fermée interagissent pour procurer la précision

35 et la vitesse du réglage automatique du circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique. Cependant, dans une mesure limitée, il est possible de considérer que, selon l'invention, la haute précision du réglage automatique du circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique est principalement obtenue avec ladite étape

de générer, pour un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, au moins une valeur ultérieure de chacun des dits un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord (structure de commande en boucle fermée), et que la grande vitesse de ce réglage automatique est principalement une conséquence de l'utilisation de ladite étape de générer, pour
 5 chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, une valeur initiale du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord (structure de commande en boucle ouverte). En particulier, un réglage plus rapide du circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique peut typiquement être obtenu si les valeurs initiales des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord sont plus proches des valeurs correspondant à l'extremum
 10 recherché (maximum ou minimum) de la variable de performance.

Un appareil mettant en oeuvre le procédé selon l'invention est un système d'accord automatique ayant un "accès utilisateur" et un "accès cible", le système d'accord automatique permettant, dans une bande de fréquences donnée, un transfert de puissance depuis l'accès utilisateur vers l'accès cible, le système d'accord automatique comportant :

- 15 une unité de détection, l'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 captées à l'accès cible pendant qu'une excitation est appliquée à l'accès utilisateur, l'excitation ayant une fréquence porteuse appelée "la fréquence porteuse de l'excitation" ;
- 20 un circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable, les un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable étant appelés les "dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable" et étant tels que, à une fréquence dans la bande de
 25 fréquences donnée, chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable a une réactance, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable ayant une influence sur une impédance présentée par l'accès utilisateur, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable étant réglable par
 30 moyen électrique ;
- une unité de traitement du signal, l'unité de traitement du signal délivrant des "instructions d'accord", au moins une des instructions d'accord étant une "instruction d'accord initiale", chacune des une ou plusieurs instructions d'accord initiales étant déterminée en fonction d'une ou plusieurs quantités dépendantes de la fréquence porteuse de
 35 l'excitation, le système d'accord automatique étant tel qu'une commande en boucle ouverte est utilisée pour déterminer chacune des une ou plusieurs instructions d'accord initiales, au moins une des instructions d'accord étant une "instruction d'accord ultérieure", l'unité de traitement du signal exécutant un algorithme de régulation par recherche d'extremum pour générer chacune des une ou plusieurs instructions

d'accord ultérieures, l'algorithme de régulation par recherche d'extremum cherchant à maximiser ou à minimiser une variable de performance, la variable de performance étant estimée en fonction d'un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection ;

5 une unité de contrôle d'accord, l'unité de contrôle d'accord recevant les instructions d'accord de l'unité de traitement du signal, l'unité de contrôle d'accord délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord" au circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, l'unité de contrôle d'accord générant, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, une ou plusieurs valeurs du
10 dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, les dites une ou plusieurs valeurs du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord étant déterminées en fonction d'au moins une des instructions d'accord, la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable étant principalement déterminée par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle
15 d'accord.

Par exemple, chacune des dites variables électriques peut être une tension, ou une tension incidente, ou une tension réfléchie, ou un courant, ou un courant incident, ou un courant réfléchi. Par exemple, l'unité de contrôle d'accord peut être telle que :

pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, les dites une ou plusieurs
20 valeurs du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord comportent une valeur initiale déterminée en fonction d'une des une ou plusieurs instructions d'accord initiales ; et

pour un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, les dites une ou plusieurs valeurs de chaque dit un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de contrôle
25 d'accord comportent au moins une valeur ultérieure déterminée en fonction d'une des une ou plusieurs instructions d'accord ultérieures.

Dans ce cas, il est par exemple possible de dire que l'unité de contrôle d'accord génère : pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, une valeur initiale déterminée en fonction d'une des une ou plusieurs instructions d'accord initiales ; et, pour un ou plusieurs des
30 un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, au moins une valeur ultérieure déterminée en fonction d'une des une ou plusieurs instructions d'accord ultérieures.

Il est supposé que ledit circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique se comporte, dans la bande de fréquences donnée, par rapport à son accès d'entrée et à son accès de sortie, sensiblement comme un dispositif linéaire passif à 2 accès, où "passif"
35 est utilisé au sens de la théorie des circuits. Comme conséquence de la linéarité, il est possible de définir l'impédance présentée par l'accès d'entrée. Comme conséquence de la passivité, le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique ne procure pas d'amplification, son gain en puissance est inférieur ou égal à 1, et son gain composite en puissance (en anglais: transducer power gain) est inférieur ou égal à 1. Le spécialiste comprend

que cette linéarité par rapport à son accès d'entrée et à son accès de sortie ne contredit pas la non-linéarité, mentionnée ci-dessus, de la variable de performance par rapport aux une ou plusieurs entrées du système contrôlé (puisqu'on peut considérer que chaque entrée du système contrôlé est un des signaux de contrôle d'accord).

5 Il est possible que l'accès d'entrée du circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique soit couplé, directement ou indirectement, à l'accès utilisateur. Il est possible que l'accès de sortie du circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique soit couplé, indirectement à travers l'unité de détection, à l'accès cible. Ainsi, ledit transfert de puissance depuis l'accès utilisateur vers l'accès cible peut se produire
10 à travers le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique et à travers l'unité de détection.

Le spécialiste comprend que le système d'accord automatique selon l'invention est adaptatif dans le sens où des paramètres de circuit, à savoir les réactances des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable, sont modifiés au cours du temps en fonction des
15 signaux de sortie d'unité de détection, qui sont chacun principalement déterminés par une ou plusieurs variables électriques.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

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

- la figure 1 représente le schéma-bloc d'un système d'accord automatique, qui a déjà été commenté dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique antérieure ;
- la figure 2 représente le schéma-bloc d'un système d'accord automatique, qui a déjà été commenté dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique antérieure ;
- 25 - la figure 3 représente un algorithme mis en oeuvre dans un système d'accord automatique selon l'invention (premier mode de réalisation) ;
- la figure 4 représente le schéma d'un circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (deuxième mode de réalisation) ;
- la figure 5 représente un algorithme mis en oeuvre dans un système d'accord
30 automatique selon l'invention (troisième mode de réalisation) ;
- la figure 6 représente un algorithme mis en oeuvre dans un système d'accord automatique selon l'invention (quatrième mode de réalisation) ;
- la figure 7 représente un algorithme mis en oeuvre dans un système d'accord automatique selon l'invention (cinquième mode de réalisation) ;
- 35 - la figure 8 représente un algorithme mis en oeuvre dans un système d'accord automatique selon l'invention (sixième mode de réalisation) ;
- la figure 9 représente un algorithme mis en oeuvre dans un système d'accord

- automatique selon l'invention (septième mode de réalisation) ;
- la figure 10 représente le schéma-bloc d'un système d'accord automatique selon l'invention (neuvième mode de réalisation) ;
 - la figure 11 représente un algorithme mis en oeuvre dans un système d'accord automatique selon l'invention (neuvième mode de réalisation) ;
 - la figure 12 représente le schéma d'un circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (neuvième mode de réalisation) ;
 - la figure 13 montre les emplacements de 4 capteurs d'un téléphone mobile comportant un système d'accord automatique selon l'invention (dixième mode de réalisation) ;
 - 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) ;
 - la figure 17 représente le schéma-bloc d'un système d'accord automatique selon l'invention (onzième mode de réalisation) ;
 - la figure 18 représente le schéma-bloc d'un émetteur-récepteur pour communication radio comportant un système d'accord automatique (douzième mode de réalisation) ;
 - la figure 19 représente le schéma-bloc d'un émetteur-récepteur pour communication radio comportant un système d'accord automatique (treizième mode de réalisation).

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 2 le schéma bloc d'un système d'accord automatique ayant un accès utilisateur (5) et un accès cible (6), le système d'accord automatique permettant, à toute fréquence dans une bande de fréquences donnée, la bande de fréquences donnée ne comportant que des fréquences supérieures ou égales à 30 MHz, un transfert de puissance depuis l'accès utilisateur vers l'accès cible, le système d'accord automatique comportant :

- une unité de détection (1), l'unité de détection délivrant un "signal de sortie d'unité de détection", le signal de sortie d'unité de détection étant déterminé par une variable électrique captée à l'accès cible pendant qu'une excitation est appliquée à l'accès utilisateur, l'excitation ayant une fréquence porteuse appelée "la fréquence porteuse de l'excitation" ;
- un circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4), le

- 5 circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable, les un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable étant appelés les "dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable" et étant tels que, à une fréquence dans la bande de fréquences donnée, chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable a une réactance, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable étant réglable par moyen électrique ;
- 10 une unité de traitement du signal (2), l'unité de traitement du signal délivrant des "instructions d'accord", au moins une des instructions d'accord étant une "instruction d'accord initiale", chacune des une ou plusieurs instructions d'accord initiales étant déterminée en fonction d'une ou plusieurs quantités dépendantes de la fréquence porteuse de l'excitation, au moins une des instructions d'accord étant une "instruction d'accord ultérieure", chacune des une ou plusieurs instructions d'accord ultérieures
- 15 étant déterminée en utilisant un algorithme de régulation par recherche d'extremum, l'algorithme de régulation par recherche d'extremum cherchant à maximiser une variable de performance, la variable de performance étant estimée en fonction du signal de sortie d'unité de détection ;
- 20 une unité de contrôle d'accord (3), l'unité de contrôle d'accord recevant les instructions d'accord de l'unité de traitement du signal, l'unité de contrôle d'accord délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord" au circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, l'unité de contrôle d'accord générant, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, une ou plusieurs valeurs du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, chacune des dites une ou
- 25 plusieurs valeurs du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord étant déterminée en fonction d'au moins une des instructions d'accord, la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable étant principalement déterminée par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord.
- 30 La variable électrique captée à l'accès cible est sensiblement nulle si aucun signal n'est appliqué à l'accès utilisateur et si aucun signal n'est appliqué à l'accès cible. L'unité de détection (1) peut par exemple être telle que le signal de sortie d'unité de détection est :
- un signal de sortie d'unité de détection proportionnel à une variable électrique, la variable électrique étant une tension aux bornes de l'accès cible, ladite tension aux bornes de
- 35 l'accès cible pouvant être une tension complexe ; ou
- un signal de sortie d'unité de détection proportionnel à une variable électrique, la variable électrique étant un courant sortant de l'accès cible, ledit courant sortant de l'accès cible pouvant être un courant complexe ; ou

un signal de sortie d'unité de détection proportionnel à une variable électrique, la variable électrique étant une tension incidente à l'accès cible, ladite tension incidente à l'accès cible pouvant être une tension incidente complexe.

Un dispositif externe a un accès de sortie, l'accès de sortie du dispositif externe étant couplé à l'accès utilisateur. Le dispositif externe n'est pas montré sur la figure 2. Le dispositif externe applique l'excitation à l'accès utilisateur. Le dispositif externe délivre aussi une ou plusieurs "instructions du dispositif externe" à l'unité de traitement du signal (2), les dites instructions du dispositif externe informant l'unité de traitement du signal que ladite excitation a été appliquée, ou est en train d'être appliquée, ou sera appliquée. Par exemple, le dispositif externe peut initier une séquence d'accord lorsqu'il informe l'unité de traitement du signal qu'il va appliquer l'excitation à l'accès utilisateur. Par exemple, l'unité de traitement du signal peut terminer la séquence d'accord lorsque l'algorithme de régulation par recherche d'extremum s'achève parce qu'un critère d'achèvement est satisfait. De plus, le dispositif externe procure un ou plusieurs autres signaux à l'unité de traitement du signal et/ou reçoit un ou plusieurs autres signaux de l'unité de traitement du signal. Les liaisons électriques nécessaires pour délivrer les dites instructions du dispositif externe et pour transporter de tels autres signaux ne sont pas montrées sur la figure 2.

L'excitation appliquée à l'accès utilisateur peut par exemple être une porteuse non modulée, la fréquence porteuse de l'excitation étant la fréquence de ladite porteuse. Dans ce cas, l'excitation appliquée à l'accès utilisateur peut être un signal sinusoïdal dont la fréquence est la fréquence de ladite porteuse. L'excitation appliquée à l'accès utilisateur peut par exemple être une porteuse modulée, la fréquence porteuse de l'excitation étant la fréquence de ladite porteuse. Dans ce cas, l'excitation appliquée à l'accès utilisateur peut être un signal sinusoïdal modulé.

Le dispositif externe est tel que la fréquence porteuse de l'excitation peut prendre une pluralité de valeurs dans la bande de fréquences donnée.

Les instructions d'accord peuvent être de n'importe quel type de message numérique. Dans ce premier mode de réalisation, les instructions d'accord sont délivrées pendant une ou plusieurs séquences d'accord. Un algorithme d'une des une ou plusieurs séquences d'accord est représenté sur la figure 3. En plus du symbole de début (21) et du symbole de fin (26), cet algorithme comporte :

un traitement "commencer à appliquer l'excitation" (22), dans lequel le dispositif externe commence à appliquer l'excitation à l'accès utilisateur, si bien que l'unité de détection devient capable de délivrer ledit signal de sortie d'unité de détection déterminé par une variable électrique captée à l'accès cible pendant qu'une excitation est appliquée à l'accès utilisateur ;

un traitement "générer des valeurs initiales des signaux de contrôle d'accord" (23), dans lequel l'unité de traitement du signal délivre une dite instruction d'accord initiale, et dans lequel l'unité de contrôle d'accord génère, pour chacun des un ou plusieurs

signaux de contrôle d'accord, une valeur initiale déterminée en fonction de ladite une dite instruction d'accord initiale ;

un traitement "générer des valeurs ultérieures des signaux de contrôle d'accord" (24), dans lequel l'unité de traitement du signal délivre au moins deux dites instructions d'accord ultérieures, et dans lequel l'unité de contrôle d'accord génère, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, au moins deux valeurs ultérieures déterminées chacune en fonction d'une des dites au moins deux dites instructions d'accord ultérieures ;

un traitement "arrêter d'appliquer l'excitation" (25), dans lequel le dispositif externe cesse d'appliquer l'excitation à l'accès utilisateur.

Si le système d'accord automatique a son accès cible directement ou indirectement couplé à une antenne, le spécialiste comprend que Z_{Sant} dépend de la fréquence et des caractéristiques électromagnétiques du volume entourant l'antenne. En particulier, si l'antenne est réalisée dans un émetteur-récepteur portable, par exemple un équipement utilisateur (en anglais: "user equipment" ou "UE") d'un réseau radio LTE, le corps de l'utilisateur a un effet sur Z_{Sant} , et Z_{Sant} dépend de la position du corps de l'utilisateur. Ceci est appelé "interaction utilisateur" (en anglais: "user interaction"), ou "effet de main" (en anglais: "hand effect") ou "effet de doigt" (en anglais: "finger effect"). Le spécialiste comprend que le système d'accord automatique peut être utilisé pour compenser une variation de Z_{Sant} causée par une variation de la fréquence d'utilisation, et/ou pour compenser l'interaction utilisateur.

De façon à répondre aux variations de Z_{Sant} et/ou de la fréquence d'utilisation, des séquences d'accord peuvent avoir lieu de façon répétée. Par exemple, une nouvelle séquence d'accord peut débuter périodiquement, par exemple toutes les 10 millisecondes.

Le traitement "générer des valeurs initiales des signaux de contrôle d'accord" (23) utilise une structure de commande en boucle ouverte, dans laquelle les dites une ou plusieurs quantités dépendantes de la fréquence porteuse de l'excitation sont utilisées pour obtenir, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, une valeur initiale qui n'a aucune influence sur l'impédance vue par l'accès cible. Dans ce traitement, l'unité de traitement du signal reçoit la valeur de la fréquence porteuse de l'excitation, cette valeur étant une quantité dépendante de la fréquence porteuse de l'excitation, cette valeur étant transportée par un des dits un ou plusieurs autres signaux. Ladite une dite instruction d'accord initiale, en fonction de laquelle est déterminée la valeur initiale de chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, est déterminée en se basant sur un modèle du circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, ce modèle prenant en compte les influences de la fréquence porteuse de l'excitation et d'une instruction d'accord, sur le gain composite en puissance du circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique. Ce modèle suppose que l'impédance vue par l'accès cible Z_{Sant} a, à la fréquence porteuse de l'excitation, une valeur qui est déterminée et voisine d'une "valeur supposée de l'impédance vue par l'accès

cible à la fréquence porteuse de l'excitation", la valeur supposée de l'impédance vue par l'accès cible à la fréquence porteuse de l'excitation étant déterminée en utilisant une table de consultation basée sur des mesures de Z_{Sant} en fonction d'une fréquence, effectuées en laboratoire avant la fabrication du système d'accord automatique. Ce modèle comprend aussi :

5 pour chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable, une table de consultation sur les caractéristiques du dit chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable ; et une ou plusieurs formules pour calculer le gain composite en puissance.

Pendant le traitement "générer des valeurs initiales des signaux de contrôle d'accord" (23),

10 l'unité de traitement du signal utilise un "algorithme de boucle ouverte" pour déterminer ladite une dite instruction d'accord initiale, ladite une dite instruction d'accord initiale étant telle qu'un "gain composite en puissance prédit", déterminé en se basant sur le modèle, soit aussi élevé que possible, à la fréquence porteuse de l'excitation. Ce traitement n'exige ni des calculs difficiles ni beaucoup de temps, parce que l'algorithme de boucle ouverte utilise directement la valeur de

15 la fréquence porteuse de l'excitation pour déterminer ladite une dite instruction d'accord initiale. Ce traitement procure rapidement ladite une dite instruction d'accord initiale, qui est telle que, si la valeur de l'impédance vue par l'accès cible Z_{Sant} est proche de la valeur supposée de l'impédance vue par l'accès cible à la fréquence porteuse de l'excitation, le gain composite en puissance n'est pas très éloigné du gain composite en puissance maximum réalisable avec le

20 circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, à la fréquence porteuse de l'excitation. Malheureusement, ce traitement ne peut pas être très précis, puisqu'il ne prend pas en compte la différence entre la valeur de l'impédance vue par l'accès cible Z_{Sant} et la valeur supposée de l'impédance vue par l'accès cible à la fréquence porteuse de l'excitation (une telle différence peut par exemple être causée par l'interaction utilisateur), et puisqu'il ne

25 prend pas en compte les effets des tolérances des composants, du vieillissement des composants, et des températures des composants, sur le gain composite en puissance du circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique.

Le traitement "générer des valeurs ultérieures des signaux de contrôle d'accord" (24) est utilisé pour sensiblement maximiser le gain composite en puissance du circuit d'adaptation

30 accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, à la fréquence porteuse de l'excitation. Ce traitement est précis parce qu'il utilise un algorithme de régulation par recherche d'extremum, qui est basé sur une structure de commande en boucle fermée. Ce traitement procure rapidement une ou plusieurs instructions d'accord ultérieures telles que ce gain composite en puissance soit très proche du gain composite en puissance maximum réalisable

35 avec le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique à la fréquence porteuse de l'excitation, parce que ce traitement est démarré pas très loin de ce gain composite en puissance maximum.

Contrairement au traitement “générer des valeurs initiales des signaux de contrôle d'accord” (23), le traitement “générer des valeurs ultérieures des signaux de contrôle d'accord” (24) n'est pas basé sur un modèle, et il utilise une structure de commande en boucle fermée.

Par conséquent, le système d'accord automatique règle de façon optimale, rapide et automatique son circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, sans des calculs très difficiles, en dépit de la présence de pertes dans ce circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique.

Deuxième mode de réalisation.

Le deuxième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également au système d'accord automatique représenté sur la figure 2, et à l'algorithme d'une séquence d'accord représenté sur la figure 3. Toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation sont applicables à ce deuxième mode de réalisation. De plus, nous avons représenté sur la figure 4 le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4) utilisé dans ce deuxième mode de réalisation. Ce circuit d'adaptation accordable 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 (en anglais : single-ended) ;
- un accès d'entrée (402) ayant deux bornes (4021) (4022), l'accès d'entrée étant asymétrique ;
- une bobine (405) ;
- deux dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable (403) (404), présentant chacun une réactance négative.

Tous les dits dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable (403) (404) sont réglables par moyen électrique, mais les circuits et les liaisons de contrôle nécessaires pour régler la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable ne sont pas montrés sur la figure 4.

Comme montré sur les figures 2 et 4, l'accès de sortie (401) est indirectement couplé à l'accès cible (6) à travers l'unité de détection (1), et l'accès d'entrée (402) est directement couplé à l'accès utilisateur (5). Ainsi, à ladite fréquence porteuse de l'excitation, l'impédance présentée par l'accès d'entrée est égale à l'impédance présentée par l'accès utilisateur. L'unité de détection est telle que, à ladite fréquence porteuse de l'excitation, l'impédance vue par l'accès de sortie est voisine de l'impédance vue par l'accès cible. Le spécialiste comprend que, à une fréquence à laquelle le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique est prévu pour fonctionner, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable a une influence sur l'impédance présentée par l'accès utilisateur.

Dans ce deuxième mode de réalisation, deux dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable sont utilisés. Ainsi, il est possible que le nombre de dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable soit supérieur ou égal à 2. Comme expliqué dans 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, ceci est nécessaire pour obtenir une faculté d'accord complète.

Dans ce deuxième mode de réalisation, l'unité de contrôle d'accord délivre deux signaux de contrôle d'accord au circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, et la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable est principalement déterminée par un et un seul des signaux de contrôle d'accord.

Troisième mode de réalisation.

Le troisième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également au système d'accord automatique représenté sur la figure 2, à l'algorithme d'une séquence d'accord représenté sur la figure 3, et au circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique représenté sur la figure 4. Toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation et pour le deuxième mode de réalisation sont applicables à ce troisième mode de réalisation.

Dans ce troisième mode de réalisation, la variable de performance est sensiblement le produit d'une constante positive et d'une moyenne du carré du courant instantané à l'accès cible, estimée en utilisant le signal de sortie d'unité de détection. Maximiser cette variable de performance maximise un gain composite en puissance du circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique.

Nous avons représenté sur la figure 5 un algorithme applicable, dans ce troisième mode de réalisation, au traitement "générer des valeurs ultérieures des signaux de contrôle d'accord" (24) de la figure 3. En plus du symbole de début (2401) et du symbole de fin (2407), cet algorithme comporte :

- un traitement "initialisation" (2402), dans lequel une condition est définie ;
- un traitement "délivrer des valeurs ultérieures du signal de contrôle d'accord pour 403" (2403), dans lequel au moins une valeur ultérieure du signal de contrôle d'accord qui détermine principalement la réactance d'un premier des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable (403) est délivrée en utilisant un algorithme de régulation par recherche d'extremum à un paramètre, l'algorithme de régulation par recherche d'extremum à un paramètre cherchant à maximiser la variable de performance en contrôlant ledit signal de contrôle d'accord qui détermine principalement la réactance d'un premier des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable (403) ;

- un traitement “délivrer des valeurs ultérieures du signal de contrôle d'accord pour 404” (2404), dans lequel au moins une valeur ultérieure du signal de contrôle d'accord qui détermine principalement la réactance d'un second des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable (404) est délivrée en utilisant un algorithme de régulation par recherche d'extremum à un paramètre, l'algorithme de régulation par recherche d'extremum à un paramètre cherchant à maximiser la variable de performance en contrôlant ledit signal de contrôle d'accord qui détermine principalement la réactance d'un second des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable (404) ;
- 10 un traitement (2405) dans lequel une valeur de test est déterminée ;
un branchement conditionnel (2406) utilisé pour atteindre le symbole de fin (2407) si la valeur de test satisfait la condition (qui correspond au critère d'achèvement mentionné plus haut).

Le spécialiste comprend que, dans ce troisième mode de réalisation, au moins une valeur ultérieure de chacun des signaux de contrôle d'accord est générée en utilisant un algorithme de régulation par recherche d'extremum à deux paramètres, l'algorithme de régulation par recherche d'extremum à deux paramètres utilisant un algorithme de régulation par recherche d'extremum à un paramètre dans le traitement “délivrer des valeurs ultérieures du signal de contrôle d'accord pour 403” (2403), et un algorithme de régulation par recherche d'extremum à un paramètre dans le traitement “délivrer des valeurs ultérieures du signal de contrôle d'accord pour 404” (2404). Ici, “algorithme de régulation par recherche d'extremum à un paramètre” désigne un algorithme de régulation par recherche d'extremum qui contrôle et fait varier 1 signal de contrôle d'accord au cours du temps, et “algorithme de régulation par recherche d'extremum à deux paramètres” désigne un algorithme de régulation par recherche d'extremum qui contrôle et fait varier 2 signaux de contrôle d'accord au cours du temps.

Plus généralement, si p est un entier supérieur ou égal à 2, utilisons “algorithme de régulation par recherche d'extremum à p paramètres” pour désigner un algorithme de régulation par recherche d'extremum qui contrôle et fait varier p signaux de contrôle d'accord au cours du temps. Dans un mode de réalisation différent tel que le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique a p dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable, tel que l'unité de contrôle d'accord délivre p signaux de contrôle d'accord, et tel que la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable est principalement déterminée par un et un seul des signaux de contrôle d'accord, il est possible qu'au moins une valeur ultérieure de chacun des signaux de contrôle d'accord soit générée en utilisant un algorithme de régulation par recherche d'extremum à p paramètres, qui utilise une pluralité d'algorithmes de régulation par recherche d'extremum dont chacun contrôle et fait varier moins de p signaux de contrôle d'accord au cours du temps, par exemple p algorithmes de régulation par recherche d'extremum à un paramètre.

Quatrième mode de réalisation.

Le quatrième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également au système d'accord automatique représenté sur la figure 2, à l'algorithme d'une séquence d'accord représenté sur la figure 3, au circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique représenté sur la figure 4, et à l'algorithme du traitement "générer des valeurs ultérieures des signaux de contrôle d'accord" représenté sur la figure 5. Toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation, le deuxième mode de réalisation et le troisième mode de réalisation sont applicables à ce quatrième mode de réalisation.

10 Nous avons représenté sur la figure 6 un algorithme applicable, dans ce quatrième mode de réalisation, au traitement "délivrer des valeurs ultérieures du signal de contrôle d'accord pour 403" (2403) de la figure 5, et au traitement "délivrer des valeurs ultérieures du signal de contrôle d'accord pour 404" (2404) de la figure 5. En plus du symbole de début (2701) et du symbole de fin (2706), cet algorithme comporte :

- 15 un traitement (2702) dans lequel un temporisateur (en anglais: timer) est mis à zéro et démarré ;
- un traitement (2703) dans lequel un algorithme de régulation par recherche d'extremum à un paramètre, qui délivre des valeurs ultérieures d'un des signaux de contrôle d'accord, est démarré ;
- 20 un branchement conditionnel (2704) utilisé pour attendre pendant un temps pré-défini ;
- un traitement (2705) dans lequel l'algorithme de régulation par recherche d'extremum à un paramètre est arrêté.

Par exemple, un algorithme de régulation par recherche d'extremum à un paramètre convenable peut être un algorithme appelé "perturbation based extremum-seeking control algorithm" en anglais, qui comporte une étape dans laquelle une perturbation périodique est appliquée au dit un des signaux de contrôle d'accord. Par exemple, cette approche est traitée dans le chapitre 1 du dit livre de K.B. Ariyur et M. Krstic.

Cinquième mode de réalisation.

Le cinquième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également au système d'accord automatique représenté sur la figure 2, à l'algorithme d'une séquence d'accord représenté sur la figure 3, au circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique représenté sur la figure 4, et à l'algorithme du traitement "générer des valeurs ultérieures des signaux de contrôle d'accord" représenté sur la figure 5. Toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation, le deuxième mode de réalisation et le troisième mode de réalisation sont applicables à ce cinquième mode de réalisation.

Nous avons représenté sur la figure 7 un algorithme applicable, dans ce cinquième mode de réalisation, au traitement “délivrer des valeurs ultérieures du signal de contrôle d’accord pour 403” (2403) de la figure 5, et au traitement “délivrer des valeurs ultérieures du signal de contrôle d’accord pour 404” (2404) de la figure 5. En plus du symbole de début (2701) et du symbole de fin (2706), cet algorithme comporte :

- un traitement (2707) dans lequel une condition est définie ;
- un traitement (2708) dans lequel une étape d’un algorithme de régulation par recherche d’extremum à un paramètre est effectuée, durant laquelle un nombre pré-défini de valeurs ultérieures d’un des signaux de contrôle d’accord sont délivrées ;
- 10 un traitement (2709) dans lequel une valeur de test est déterminée ;
- un branchement conditionnel (2710) utilisé pour atteindre le symbole de fin (2706) si la valeur de test satisfait la condition.

Par exemple, un algorithme de régulation par recherche d’extremum à un paramètre convenable peut être un algorithme appelé “stochastic extremum-seeking control algorithm” en anglais, qui comporte une étape dans laquelle une perturbation stochastique ou aléatoire, par exemple un bruit coloré passé à travers une non linéarité bornée, est appliquée au dit un des signaux de contrôle d’accord. Par exemple, cette approche est traitée dans le chapitre 5 du dit livre de S.-J. Liu et M. Krstic.

Sixième mode de réalisation.

20 Le sixième mode de réalisation d’un dispositif selon l’invention, donné à titre d’exemple non limitatif, correspond également au système d’accord automatique représenté sur la figure 2, à l’algorithme d’une séquence d’accord représenté sur la figure 3, et au circuit d’adaptation accordable à accès d’entrée unique et accès de sortie unique représenté sur la figure 4. Toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation et pour le deuxième mode de réalisation sont applicables à ce sixième mode de réalisation.

Dans ce sixième mode de réalisation, la variable de performance est sensiblement le produit d’une constante positive et du carré d’une moyenne de la valeur absolue de la tension instantanée à l’accès cible. Maximiser cette variable de performance maximise un gain composite en puissance du circuit d’adaptation accordable à accès d’entrée unique et accès de sortie unique.

Nous avons représenté sur la figure 8 un algorithme applicable, dans ce sixième mode de réalisation, au traitement “générer des valeurs ultérieures des signaux de contrôle d’accord” (24) de la figure 3. En plus du symbole de début (2401) et du symbole de fin (2407), cet algorithme comporte :

- 35 un traitement (2408) dans lequel un temporisateur (en anglais: timer) est mis à zéro et démarré ;
- un traitement (2409) dans lequel un algorithme de régulation par recherche d’extremum à deux paramètres, qui délivre des valeurs ultérieures des deux signaux de contrôle

d'accord, est démarré ;

un branchement conditionnel (2410) utilisé pour attendre pendant un temps pré-défini ;

un traitement (2411) dans lequel l'algorithme de régulation par recherche d'extremum à deux paramètres est arrêté.

5 Par exemple, un algorithme de régulation par recherche d'extremum à deux paramètres convenable peut être un algorithme appelé "perturbation based extremum-seeking control algorithm" en anglais, qui comporte une étape dans laquelle deux perturbations périodiques différentes sont appliquées chacune à un des signaux de contrôle d'accord. Par exemple, cette approche est traitée dans le chapitre 2 du dit livre de K.B. Ariyur et M. Krstic. Elle offre des
10 performances supérieures à celle utilisée dans le quatrième mode de réalisation.

Plus généralement, p étant un entier supérieur ou égal à 2, dans un mode de réalisation différent tel que le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique a p dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable, tel que l'unité de contrôle d'accord délivre p signaux de contrôle d'accord, et tel que la réactance de chacun
15 des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable est principalement déterminée par un et un seul des signaux de contrôle d'accord, il est possible qu'au moins une valeur ultérieure de chacun des signaux de contrôle d'accord soit générée en utilisant un algorithme de régulation par recherche d'extremum à p paramètres qui est du type appelé
20 "*perturbation based extremum-seeking control*" en anglais, qui comporte une étape dans laquelle p perturbations périodiques différentes sont appliquées chacune à un des signaux de contrôle d'accord.

Septième mode de réalisation.

Le septième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également au système d'accord automatique représenté sur la figure
25 2, à l'algorithme d'une séquence d'accord représenté sur la figure 3, et au circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique représenté sur la figure 4. Toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation et pour le deuxième mode de réalisation sont applicables à ce septième mode de réalisation.

Dans ce septième mode de réalisation, la variable de performance est sensiblement le
30 produit d'une constante positive et de la sortie d'un filtre passe-bas recevant à son entrée le carré d'une tension incidente instantanée à l'accès cible. Maximiser cette variable de performance maximise un gain composite en puissance du circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique.

Nous avons représenté sur la figure 9 un algorithme applicable, dans ce septième mode
35 de réalisation, au traitement "générer des valeurs ultérieures des signaux de contrôle d'accord" (24) de la figure 3. En plus du symbole de début (2401) et du symbole de fin (2407), cet algorithme comporte :

un traitement (2412) dans lequel une condition est définie ;

un traitement (2413) dans lequel une étape d'un algorithme de régulation par recherche d'extremum à deux paramètres est effectuée, durant laquelle un nombre pré-défini de valeurs ultérieures des deux signaux de contrôle d'accord sont délivrées ;

un traitement (2414) dans lequel une valeur de test est déterminée ;

- 5 un branchement conditionnel (2415) utilisé pour atteindre le symbole de fin (2407) si la valeur de test satisfait la condition (qui correspond au critère d'achèvement mentionné plus haut).

Par exemple, un algorithme de régulation par recherche d'extremum à deux paramètres convenable peut être un algorithme appelé "stochastic extremum-seeking control algorithm" en
10 anglais, qui comporte une étape dans laquelle deux perturbations stochastiques ou aléatoires différentes sont appliquées chacune à un des signaux de contrôle d'accord. Par exemple, cette approche est traitée dans le chapitre 8 du dit livre de S.-J. Liu et M. Krstic. Elle offre des performances supérieures à celle utilisée dans le cinquième mode de réalisation.

Plus généralement, p étant un entier supérieur ou égal à 2, dans un mode de réalisation
15 différent tel que le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique a p dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable, tel que l'unité de contrôle d'accord délivre p signaux de contrôle d'accord, et tel que la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable est principalement déterminée par un et un seul des signaux de contrôle d'accord, il est possible qu'au moins une
20 valeur ultérieure de chacun des signaux de contrôle d'accord soit générée en utilisant un algorithme de régulation par recherche d'extremum à p paramètres qui est du type appelé "stochastic extremum-seeking control" en anglais, qui comporte une étape dans laquelle p perturbations stochastiques ou aléatoires différentes sont appliquées chacune à un des signaux de contrôle d'accord.

25 Huitième mode de réalisation.

Au titre d'un huitième mode de réalisation de l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, nous considérons un procédé pour réglage automatique d'un circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique étant une partie d'un système d'accord
30 automatique ayant un "accès utilisateur" et un "accès cible", le système d'accord automatique étant une partie d'un appareil pour communication radio incluant une antenne, le système d'accord automatique permettant, dans une bande de fréquences donnée, un transfert de puissance depuis l'accès utilisateur vers l'accès cible, le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant un ou plusieurs dispositifs à impédance
35 réglable, les un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable étant appelés les "dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable" et étant tels que, à une fréquence dans la bande de fréquences donnée, chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable a une réactance, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à

- impédance réglable du circuit d'adaptation accordable ayant une influence sur une impédance présentée par l'accès utilisateur, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable étant réglable par moyen électrique, la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable étant déterminée
- 5 par un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord", 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 ;
 - appliquer une excitation à l'accès utilisateur, l'excitation ayant une fréquence porteuse
 - 10 appelée "la fréquence porteuse de l'excitation", la fréquence porteuse de l'excitation étant telle qu'elle peut prendre une pluralité de valeurs dans la bande de fréquences donnée ;
 - capter une ou plusieurs variables électriques à l'accès cible pendant que l'excitation est appliquée, pour obtenir un ou plusieurs "signaux de sortie d'unité de détection",
 - 15 chacun des un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection étant principalement déterminé par au moins une des une ou plusieurs variables électriques captées à l'accès cible ;
 - générer, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, une valeur initiale du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, en fonction de chacune
 - 20 des une ou plusieurs variables de localisation et en fonction d'une ou plusieurs quantités dépendantes de la fréquence porteuse de l'excitation, en utilisant une structure de commande en boucle ouverte ;
 - générer, pour un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, au moins une valeur ultérieure de chacun des dits un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux
 - 25 de contrôle d'accord, en utilisant un algorithme de régulation par recherche d'extremum, l'algorithme de régulation par recherche d'extremum cherchant à maximiser ou à minimiser une variable de performance en contrôlant les dits un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, la variable de performance étant estimée en fonction d'un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de sortie
 - 30 d'unité de détection.
- Un appareil mettant en oeuvre ce procédé est un système d'accord automatique ayant un "accès utilisateur" et un "accès cible", le système d'accord automatique étant une partie d'un appareil pour communication radio incluant une antenne, le système d'accord automatique permettant, dans une bande de fréquences donnée, un transfert de puissance depuis l'accès
- 35 utilisateur vers l'accès cible, le système d'accord automatique comportant :
- une unité de localisation, l'unité 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 ;

- une unité de détection, l'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 captées à l'accès cible pendant qu'une excitation est appliquée à l'accès utilisateur, l'excitation ayant une fréquence porteuse appelée "la fréquence porteuse de l'excitation", la fréquence porteuse de l'excitation étant telle qu'elle peut prendre une pluralité de valeurs dans la bande de fréquences donnée ;
- un circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable, les un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable étant appelés les "dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable" et étant tels que, à une fréquence dans la bande de fréquences donnée, chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable a une réactance, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable ayant une influence sur une impédance présentée par l'accès utilisateur, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable étant réglable par moyen électrique ;
- une unité de traitement du signal, l'unité de traitement du signal délivrant des "instructions d'accord", au moins une des instructions d'accord étant une "instruction d'accord initiale", chacune des une ou plusieurs instructions d'accord initiales étant déterminée en fonction de chacune des une ou plusieurs variables de localisation et en fonction d'une ou plusieurs quantités dépendantes de la fréquence porteuse de l'excitation, en utilisant une structure de commande en boucle ouverte, au moins une des instructions d'accord étant une "instruction d'accord ultérieure", chacune des une ou plusieurs instructions d'accord ultérieures étant déterminée en utilisant un algorithme de régulation par recherche d'extremum, l'algorithme de régulation par recherche d'extremum cherchant à maximiser ou à minimiser une variable de performance, la variable de performance étant estimée en fonction d'un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection ;
- une unité de contrôle d'accord, l'unité de contrôle d'accord recevant les instructions d'accord de l'unité de traitement du signal, l'unité de contrôle d'accord délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord" au circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, l'unité de contrôle d'accord générant, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, une ou plusieurs valeurs du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, chacune des dites une ou plusieurs valeurs du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord étant déterminée en fonction d'au moins une des instructions d'accord, la réactance de

chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable étant déterminée par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord.

L'antenne peut être couplée, directement ou indirectement, à l'accès cible. Par exemple, un couplage indirect peut être un couplage à travers une liaison d'antenne et/ou à travers un coupleur directionnel.

Il est possible qu'au moins une des une ou plusieurs variables de localisation soit une sortie d'un capteur sensible à une pression exercée par une partie d'un corps humain. Ainsi, il est possible qu'au moins une des 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 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 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 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 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 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 humain (par exemple le dispositif VL6180 de STMicroelectronics) peut être utilisé pour obtenir une variable de localisation telle que l'ensemble des valeurs possibles de la variable de localisation a au moins trois éléments, une des valeurs signifiant qu'aucun corps humain n'a été

détecté, chacune des autres valeurs correspondant à une distance différente entre une zone de l'appareil pour communication radio et la partie la plus proche d'un corps humain détecté. Il est possible que l'ensemble des valeurs possibles de n'importe laquelle des une ou plusieurs variables de localisation ait au moins trois éléments.

5 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
10 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
15 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
20 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.
25 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.

Neuvième mode de réalisation.

Au titre d'un neuvième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre
30 d'exemple non limitatif, nous avons représenté sur la figure 10 le schéma bloc d'un système d'accord automatique ayant un accès utilisateur (5) et un accès cible (6), le système d'accord automatique permettant, à plusieurs fréquences dans une bande de fréquences donnée, la bande de fréquences donnée ne comportant que des fréquences supérieures ou égales à 300 MHz, un transfert de puissance depuis l'accès utilisateur vers l'accès cible, le système d'accord
35 automatique comportant :

une unité de capteurs de localisation (7), l'unité de capteurs de localisation estimant une pluralité de variables de localisation, les variables de localisation étant définies comme dans le huitième mode de réalisation ;

- une unité de détection (1), l'unité de détection délivrant un "signal de sortie d'unité de détection", le signal de sortie d'unité de détection étant déterminé par une variable électrique captée à l'accès cible pendant qu'une excitation est appliquée à l'accès utilisateur, l'excitation ayant une fréquence porteuse appelée "la fréquence porteuse de l'excitation", la fréquence porteuse de l'excitation étant telle qu'elle peut prendre une pluralité de valeurs dans la bande de fréquences donnée ;
- un circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4), le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable, les un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable étant appelés les "dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable" et étant tels que, à une fréquence dans la bande de fréquences donnée, chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable a une réactance, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable étant réglable par moyen électrique ;
- une unité de traitement du signal (2), l'unité de traitement du signal délivrant des "instructions d'accord", au moins une des instructions d'accord étant une "instruction d'accord initiale", chacune des une ou plusieurs instructions d'accord initiales étant déterminée en fonction des variables de localisation et en fonction d'une ou plusieurs quantités dépendantes de la fréquence porteuse de l'excitation, au moins une des instructions d'accord étant une "instruction d'accord ultérieure", chacune des une ou plusieurs instructions d'accord ultérieures étant déterminée en utilisant un algorithme de régulation par recherche d'extremum, l'algorithme de régulation par recherche d'extremum cherchant à maximiser une variable de performance, la variable de performance étant estimée en fonction du signal de sortie d'unité de détection ;
- une unité de contrôle d'accord (3), l'unité de contrôle d'accord recevant les instructions d'accord de l'unité de traitement du signal, l'unité de contrôle d'accord délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord" au circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, l'unité de contrôle d'accord générant, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, une ou plusieurs valeurs du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, chacune des dites une ou plusieurs valeurs du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord étant déterminée en fonction d'une des instructions d'accord, la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable étant principalement déterminée par une ou plusieurs valeurs d'au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord.

Un dispositif externe a un accès de sortie, l'accès de sortie du dispositif externe étant couplé à l'accès utilisateur. Le dispositif externe n'est pas montré sur la figure 10. Le dispositif externe

applique l'excitation à l'accès utilisateur. Le dispositif externe délivre aussi une ou plusieurs "instructions du dispositif externe" à l'unité de traitement du signal (2), les dites instructions du dispositif externe informant l'unité de traitement du signal que ladite excitation a été appliquée, ou est en train d'être appliquée. De plus, le dispositif externe procure un ou plusieurs autres signaux à l'unité de traitement du signal et/ou reçoit un ou plusieurs autres signaux de l'unité de traitement du signal. Les liaisons électriques nécessaires pour délivrer les dites instructions du dispositif externe et pour transporter de tels autres signaux ne sont pas montrées sur la figure 10.

L'excitation est appliquée continûment, si bien que l'unité de détection peut continûment délivrer ledit signal de sortie d'unité de détection déterminé par une variable électrique captée à l'accès cible pendant qu'une excitation est appliquée à l'accès utilisateur.

Dans ce neuvième 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.

La fréquence porteuse de l'excitation est f_C et elle dépend clairement du choix d'une enveloppe complexe du signal réel $s(t)$. Cependant, pour une enveloppe complexe donnée, la

5 fréquence porteuse de l'excitation f_C est définie de façon unique.

Les instructions d'accord peuvent être de n'importe quel type de message numérique. Dans ce neuvième mode de réalisation, les instructions d'accord sont délivrées pendant une ou plusieurs séquences d'accord. Un algorithme d'une des une ou plusieurs séquences d'accord est représenté sur la figure 11. En plus du symbole de début (21) et du symbole de fin (26), cet

10 algorithme comporte :

un traitement "générer des valeurs initiales des signaux de contrôle d'accord" (23), dans lequel l'unité de traitement du signal délivre une dite instruction d'accord initiale, et dans lequel l'unité de contrôle d'accord génère, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, une valeur initiale déterminée en fonction de ladite une

15 dite instruction d'accord initiale ;

un traitement "générer des valeurs ultérieures des signaux de contrôle d'accord" (24), dans lequel l'unité de traitement du signal délivre au moins deux dites instructions d'accord ultérieures, et dans lequel l'unité de contrôle d'accord génère, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, au moins deux valeurs ultérieures déterminées

20 chacune en fonction d'une des dites au moins deux dites instructions d'accord ultérieures.

Le traitement "générer des valeurs initiales des signaux de contrôle d'accord" (23) utilise une structure de commande en boucle ouverte, dans laquelle les dites variables de localisation et les dites une ou plusieurs quantités dépendantes de la fréquence porteuse de l'excitation sont

25 utilisées pour obtenir, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, une valeur initiale qui n'a aucune influence sur l'impédance vue par l'accès cible. Dans ce traitement, l'unité de traitement du signal reçoit les dites variables de localisation procurées par l'unité de capteurs de localisation (7), comme montré sur la figure 10. L'unité de traitement du signal reçoit aussi la valeur de la fréquence porteuse de l'excitation f_C , cette valeur étant une quantité

30 dépendante de la fréquence porteuse de l'excitation, cette valeur étant transportée par les dits un ou plusieurs autres signaux. Ladite une dite instruction d'accord initiale, en fonction de laquelle est déterminée la valeur initiale de chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, est déterminée en utilisant une table de consultation.

Le spécialiste comprend comment construire et utiliser une telle table de consultation. Par

35 exemple, la table de consultation peut être enregistrée dans une mémoire à lecture seule, et avoir été construite en utilisant des données obtenues en déterminant, en laboratoire avant la fabrication du système d'accord automatique, à différentes fréquences et pour différentes valeurs des variables de localisation, des instructions d'accord produisant les valeurs les plus élevées

possibles du gain composite en puissance du circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique.

Le traitement "générer des valeurs initiales des signaux de contrôle d'accord" (23) n'exige ni des calculs difficiles ni beaucoup de temps, parce qu'il utilise directement les dites variables de localisation et la valeur de la fréquence porteuse de l'excitation f_C , pour déterminer ladite une dite instruction d'accord initiale. Ce traitement procure rapidement ladite une dite instruction d'accord initiale, qui est telle que le gain composite en puissance est typiquement plus proche du gain composite en puissance maximum réalisable avec le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, à la fréquence porteuse de l'excitation f_C , que le gain composite en puissance obtenu avec le traitement correspondant du premier mode de réalisation, parce que la table de consultation utilisée dans ce neuvième mode de réalisation prend en compte les dites variables de localisation.

Comme dans le premier mode de réalisation, le traitement "générer des valeurs ultérieures des signaux de contrôle d'accord" (24) utilise une structure de commande en boucle fermée et un algorithme de régulation par recherche d'extremum, et il peut sensiblement maximiser le gain composite en puissance du circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, à la fréquence porteuse de l'excitation f_C . Ce traitement est cependant plus rapide, pour une précision donnée, que le traitement correspondant du premier mode de réalisation, parce qu'il est démarré plus proche du gain composite en puissance maximum réalisable avec le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, à la fréquence porteuse de l'excitation f_C .

La durée d'une séquence d'accord est inférieure à 10 μ s. Une nouvelle séquence d'accord débute rapidement après chaque changement de la valeur de la fréquence porteuse de l'excitation f_C , et pas plus tard que 10 millisecondes après le début de la séquence d'accord précédente. Pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, la dernière valeur ultérieure générée pendant une séquence d'accord reste applicable jusqu'à ce que la valeur initiale de la séquence d'accord suivante soit générée. Par conséquent, le système d'accord automatique règle de façon optimale, rapide et automatique son circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, sans des calculs très difficiles, en dépit de la présence de pertes dans ce circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique.

Les caractéristiques du circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique sont telles que le système d'accord automatique permet, à ladite fréquence porteuse de l'excitation, un transfert de puissance à faibles pertes depuis l'accès utilisateur vers l'accès cible, et un transfert de puissance à faibles pertes depuis l'accès cible vers l'accès utilisateur. Nous avons représenté sur la figure 12 le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4) utilisé dans ce neuvième mode de réalisation. Ce circuit d'adaptation accordable 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 asymétrique ;

5 un dispositif à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable (406), présentant une réactance positive ;

deux dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable (407) (408), présentant chacun une réactance négative ;

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

10 Tous les dits dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable (406) (407) (408) sont réglables par moyen électrique, mais les circuits et les liaisons de contrôle nécessaires pour régler la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable ne sont pas montrés sur la figure 12.

Dans ce neuvième mode de réalisation, trois dispositifs à impédance réglable du circuit
15 d'adaptation accordable sont utilisés. Ainsi, il est possible que le nombre de dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable soit supérieur ou égal à 3.

Dans les deuxième et neuvième modes de réalisation, l'accès de sortie et l'accès d'entrée du circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique sont des accès asymétriques. Ceci n'est nullement une caractéristique de l'invention. En général, il est
20 possible que l'accès d'entrée du circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique soit un accès symétrique, et il est possible que l'accès de sortie du circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique soit un accès symétrique.

Dixième mode de réalisation.

25 Le dixième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également au système d'accord automatique représenté sur la figure 10, et toutes les explications fournies pour le neuvième mode de réalisation sont applicables à ce dixième mode de réalisation. De plus, dans ce dixième mode de réalisation, le système d'accord automatique est une partie d'un appareil pour communication radio qui est un téléphone
30 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 (13). La figure 13 montre le point (131) où le centre d'un premier des 4 capteurs de proximité est situé, le point (132) où le centre d'un deuxième des 4 capteurs de proximité est situé, le point (133) où le centre d'un troisième des 4 capteurs de proximité est situé, et le point (134) où le centre d'un quatrième des
35 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 (13) 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. Ladite

5 une dite instruction d’accord initiale, en fonction de laquelle est déterminée la valeur initiale de chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d’accord, est déterminée à partir d’un ensemble d’instructions d’accord prédéterminées qui sont mémorisées dans une table de consultation réalisée dans l’unité de traitement du signal, en se basant sur la configuration d’utilisation typique la plus proche et sur la fréquence porteuse de l’excitation f_c . Le spécialiste comprend comment construire et utiliser une telle table de consultation. Le spécialiste comprend l’avantage

10 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 l’instruction d’accord initiale, plus de deux configurations d’utilisation typiques doivent être définies, si bien qu’une unique

20 variable de localisation ne peut pas être utilisée pour déterminer une configuration d’utilisation typique la plus proche. Par conséquent, dans ce dixième 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

25 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

30 radio, telles que X et Y sont distinctes, ou préférablement telles que X et Y ont une intersection vide. Dans ce dixième 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.

Onzième mode de réalisation.

35 Au titre d’un onzième 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 système d’accord automatique ayant un accès utilisateur (5) et un accès cible (6), le système d’accord

automatique permettant, à toute fréquence dans une bande de fréquences donnée, la bande de fréquences donnée ne comportant que des fréquences supérieures ou égales à 300 MHz, un transfert de puissance depuis l'accès utilisateur vers l'accès cible, le système d'accord automatique comportant :

- 5 une unité de détection (1), l'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 déterminé par une variable électrique captée à l'accès cible pendant qu'une excitation est appliquée à l'accès utilisateur, l'excitation ayant une fréquence porteuse appelée "la fréquence porteuse de l'excitation", la fréquence porteuse de l'excitation
- 10 étant telle qu'elle peut prendre une pluralité de valeurs dans la bande de fréquences donnée ;
- une unité de détection additionnelle (8), l'unité de détection additionnelle délivrant un ou plusieurs "signaux de sortie d'unité de détection additionnelle", chacun des signaux de sortie d'unité de détection additionnelle étant principalement déterminé par une ou
- 15 plusieurs variables électriques captées à l'accès utilisateur pendant que ladite excitation est appliquée à l'accès utilisateur ;
- un circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4), similaire à celui décrit dans le premier mode de réalisation ;
- une unité de traitement du signal (2), l'unité de traitement du signal délivrant des
- 20 "instructions d'accord", au moins une des instructions d'accord étant une "instruction d'accord initiale", chacune des un ou plusieurs instructions d'accord initiales étant déterminée en fonction d'une ou plusieurs quantités dépendantes de la fréquence porteuse de l'excitation, au moins une des instructions d'accord étant une "instruction d'accord ultérieure", chacune des un ou plusieurs instructions d'accord ultérieures
- 25 étant déterminée en utilisant un algorithme de régulation par recherche d'extremum, l'algorithme de régulation par recherche d'extremum cherchant à minimiser une variable de performance, la variable de performance étant estimée en utilisant un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection ;
- une unité de contrôle d'accord (3) similaire à celle décrite dans le premier mode de
- 30 réalisation.

Un dispositif externe a un accès de sortie, l'accès de sortie du dispositif externe étant couplé à l'accès utilisateur. Le dispositif externe n'est pas montré sur la figure 17. Le dispositif externe applique une excitation à l'accès utilisateur. Le dispositif externe délivre aussi une ou plusieurs "instructions du dispositif externe" à l'unité de traitement du signal (2), les dites instructions du

35 dispositif externe informant l'unité de traitement du signal que ladite excitation va être appliquée. De plus, le dispositif externe procure un ou plusieurs autres signaux à l'unité de traitement du signal et/ou reçoit un ou plusieurs autres signaux de l'unité de traitement du signal. Les liaisons électriques nécessaires pour délivrer les dites instructions du dispositif externe et pour transporter de tels autres signaux ne sont pas montrées sur la figure 17.

L'unité de détection (1) peut par exemple être telle que 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 cible ; 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 cible. Alternativement, l'unité de détection (1) peut par exemple être telle que 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 cible ; 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 cible.

L'unité de traitement du signal utilise les un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection pour estimer une ou plusieurs quantités dépendantes chacune de la puissance fournie par l'accès cible. Par exemple, de telles quantités dépendantes chacune de la puissance fournie par l'accès cible peuvent être utilisées pour réguler la puissance fournie par l'accès cible, en faisant varier la puissance fournie à l'accès utilisateur.

L'unité de détection additionnelle (8) peut par exemple être telle que les un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection additionnelle comportent : un premier signal de sortie d'unité de détection additionnelle proportionnel à une première variable électrique, la première variable électrique étant une tension aux bornes de l'accès utilisateur ; et un second signal de sortie d'unité de détection additionnelle proportionnel à une seconde variable électrique, la seconde variable électrique étant un courant entrant dans l'accès utilisateur. Alternativement, l'unité de détection additionnelle (8) peut par exemple être telle que les un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection additionnelle comportent : un premier signal de sortie d'unité de détection additionnelle proportionnel à une première variable électrique, la première variable électrique étant une tension incidente à l'accès utilisateur ; et un second signal de sortie d'unité de détection additionnelle proportionnel à une seconde variable électrique, la seconde variable électrique étant une tension réfléchie à l'accès utilisateur.

Les une ou plusieurs quantités dépendantes de la fréquence porteuse de l'excitation sont déterminées par l'unité de traitement du signal, en utilisant les un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection additionnelle.

La variable de performance peut être estimée en utilisant un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection et un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection additionnelle. Par exemple, la variable de performance peut être sensiblement le produit d'une constante négative et d'une moyenne du carré d'une tension instantanée à l'accès cible, divisé par une moyenne du produit d'une tension instantanée à l'accès utilisateur par un courant instantané à l'accès utilisateur. Minimiser cette variable de performance maximise un gain en puissance du circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique.

Douzième mode de réalisation.

Au titre d'un douzième mode de réalisation de l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, nous avons représenté sur la figure 18 le schéma bloc d'un émetteur-récepteur pour communication radio utilisant un système d'accord automatique selon l'invention.

5 L'émetteur-récepteur représenté sur la figure 18 est un émetteur-récepteur pour communication radio dans une bande de fréquences donnée, comportant :

une antenne (11), l'antenne opérant dans la bande de fréquences donnée ;

une liaison d'antenne (10), la liaison d'antenne ayant une extrémité lointaine et une extrémité proche, l'antenne étant couplée à l'extrémité lointaine de la liaison
10 d'antenne ;

un dispositif radio (9) qui consiste en toutes les parties de l'émetteur-récepteur qui ne sont pas montrées ailleurs sur la figure 18, le dispositif radio ayant un accès radio, le dispositif radio délivrant des "instructions de séquence d'accord" qui indiquent quand une séquence d'accord est en train d'être effectuée, une excitation étant délivrée par
15 l'accès radio pendant ladite séquence d'accord, l'excitation ayant une fréquence porteuse appelée "la fréquence porteuse de l'excitation", une valeur de la fréquence porteuse de l'excitation étant indiquée dans les instructions de séquence d'accord ;

une unité de détection (1), l'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 variable électrique captée à l'extrémité proche
20 de la liaison d'antenne pendant une séquence d'accord ;

une unité de capteurs de localisation (7) estimant une pluralité de variables de localisation définies comme dans le huitième mode de réalisation ;

un circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4), le
25 circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant un accès de sortie qui est indirectement couplé à l'extrémité proche de la liaison d'antenne (10) à travers l'unité de détection (1), le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant un accès d'entrée qui est directement couplé à l'accès radio du dispositif radio (9), le circuit
30 d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable, les un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable étant appelés les "dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable" et étant tels que, à une fréquence dans la bande de fréquences donnée, chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable
35 a une réactance, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable étant réglable par moyen électrique ;

une unité de traitement du signal (2) qui reçoit les instructions de séquence d'accord, l'unité de traitement du signal délivrant des "instructions d'accord", au moins une des

instructions d'accord étant une "instruction d'accord initiale", chacune des une ou plusieurs instructions d'accord initiales étant déterminée en fonction des variables de localisation et en fonction de ladite valeur de la fréquence porteuse de l'excitation, au moins une des instructions d'accord étant une "instruction d'accord ultérieure",

5 chacune des une ou plusieurs instructions d'accord ultérieures étant déterminée en utilisant un algorithme de régulation par recherche d'extremum, l'algorithme de régulation par recherche d'extremum opérant pour maximiser ou minimiser une variable de performance, la variable de performance étant déterminée en fonction d'un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection ;

10 une unité de contrôle d'accord (3), l'unité de contrôle d'accord recevant les instructions d'accord de l'unité de traitement du signal, l'unité de contrôle d'accord délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord" au circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, l'unité de contrôle d'accord générant, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, une ou plusieurs valeurs du

15 dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, chacune des dites une ou plusieurs valeurs du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord étant déterminée en fonction d'au moins une des instructions d'accord, la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable étant principalement déterminée par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle

20 d'accord.

Le spécialiste comprend que toute petite variation de l'impédance de l'antenne, produite par un changement de fréquence d'utilisation ou un changement du milieu entourant l'antenne, par exemple causé par l'interaction utilisateur, peut être compensée par un réglage automatique des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable. Ainsi, il est toujours

25 possible d'obtenir les meilleures performances en utilisant l'émetteur-récepteur.

L'émetteur-récepteur est utilisé pour des transmissions radio dans un réseau cellulaire. L'excitation est un signal passe-bande, comme dans le neuvième mode de réalisation. L'excitation est compatible avec les exigences des normes typiquement applicables aux réseaux cellulaires.

30 Treizième mode de réalisation.

Au titre d'un treizième mode de réalisation de l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, nous avons représenté sur la figure 19 le schéma bloc d'un émetteur-récepteur pour communication radio utilisant un système d'accord automatique selon l'invention. L'émetteur-récepteur représenté sur la figure 19 est un émetteur-récepteur pour communication

35 radio dans une bande de fréquences donnée, comportant :

$N = 3$ antennes (11), les N antennes étant telles qu'elles peuvent opérer à toute fréquence dans la bande de fréquences donnée ;

- un dispositif radio (9) qui consiste en toutes les parties de l'émetteur-récepteur qui ne sont pas montrées ailleurs sur la figure 19, le dispositif radio ayant un accès radio, le dispositif radio délivrant des "instructions de séquence d'accord" qui indiquent quand une séquence d'accord est en train d'être effectuée, une excitation étant délivrée par l'accès radio pendant ladite séquence d'accord, l'excitation ayant une fréquence porteuse appelée "la fréquence porteuse de l'excitation", une valeur de la fréquence porteuse de l'excitation étant indiquée dans les instructions de séquence d'accord ;
- une unité de commutation (12), l'unité de commutation recevant une "instruction de configuration" générée automatiquement par le dispositif radio, l'unité de commutation comportant N "accès antenne" couplés chacun à une et une seule des antennes à travers une liaison d'antenne (10), l'unité de commutation comportant un "accès réseau", l'unité de commutation opérant dans une configuration active déterminée par l'instruction 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 la bande de fréquences donnée, un chemin bidirectionnel entre l'accès réseau et un et un seul des accès antenne ;
- une unité de détection (1), l'unité de détection délivrant deux "signaux de sortie d'unité de détection", chacun des signaux de sortie d'unité de détection étant principalement déterminé par une variable électrique captée à l'accès réseau pendant une séquence d'accord ;
- un circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4), le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant un accès de sortie qui est indirectement couplé à l'accès réseau à travers l'unité de détection (1), le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant un accès d'entrée qui est directement couplé à l'accès radio du dispositif radio (9), le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable, les un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable étant appelés les "dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable" et étant tels que, à une fréquence dans la bande de fréquences donnée, chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable a une réactance, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable étant réglable par moyen électrique ;
- une unité de traitement du signal (2) qui reçoit les instructions de séquence d'accord, l'unité de traitement du signal délivrant des "instructions d'accord", au moins une des instructions d'accord étant une "instruction d'accord initiale", chacune des une ou plusieurs instructions d'accord initiales étant déterminée en fonction de ladite valeur de la fréquence porteuse de l'excitation, au moins une des instructions d'accord étant

une “instruction d’accord ultérieure”, chacune des une ou plusieurs instructions d’accord ultérieures étant déterminée en utilisant un algorithme de régulation par recherche d’extremum, l’algorithme de régulation par recherche d’extremum essayant de maximiser ou de minimiser une variable de performance, la variable de performance étant déterminée en fonction d’un ou plusieurs des signaux de sortie d’unité de détection ;

une unité de contrôle d’accord (3), l’unité de contrôle d’accord recevant les instructions d’accord de l’unité de traitement du signal, l’unité de contrôle d’accord délivrant un ou plusieurs “signaux de contrôle d’accord” au circuit d’adaptation accordable à accès d’entrée unique et accès de sortie unique, l’unité de contrôle d’accord générant, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d’accord, une ou plusieurs valeurs du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d’accord, chacune des dites une ou plusieurs valeurs du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d’accord étant déterminée en fonction d’au moins une des instructions d’accord, la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d’adaptation accordable étant principalement 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 l’instruction 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 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.

L’unité de commutation procure, pour des signaux dans la bande de fréquences donnée, un chemin entre l’accès réseau 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 (ici, “contrôlés électriquement” signifie “contrôlés par moyen électrique”). Dans ce cas, un ou plusieurs des dits interrupteurs et/ou commutateurs contrôlés électriquement peut par exemple être un relais électromécanique, ou un commutateur micro-électromécanique (en anglais: “MEMS switch”), ou un circuit utilisant une ou plusieurs diodes PIN et/ou un ou plusieurs transistors à effet de champ à grille isolée (MOSFETs) comme dispositifs de commutation.

Par exemple, l’instruction de configuration peut être déterminée en fonction d’une ou plusieurs des variables suivantes :

ladite valeur de la fréquence porteuse de l’excitation ;

une ou plusieurs variables de localisation définies comme dans le huitième mode de réalisation ;

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 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'émetteur-récepteur.

L'instruction de configuration peut par exemple être déterminée en utilisant une table de consultation.

Dans la figure 19, nous avons $N = 3$. Plus généralement, N peut être n'importe quel entier supérieur ou égal à deux.

INDICATIONS SUR LES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Le procédé selon l'invention est adapté pour régler automatiquement et de façon optimale un circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, et le système d'accord automatique selon l'invention peut régler automatiquement et de façon optimale son circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique. Le système d'accord automatique selon l'invention peut être une partie d'un récepteur radio, ou d'un émetteur radio. Dans de telles applications, l'accès cible du système d'accord automatique selon l'invention peut être directement ou indirectement couplé à une antenne, et l'accès utilisateur du système d'accord automatique selon l'invention peut être couplé à un accès d'entrée signal radiofréquence du récepteur radio, ou à un accès de sortie signal radiofréquence de l'émetteur radio.

Le procédé et le système d'accord automatique selon l'invention peuvent régler de façon optimale, rapide et automatique le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, sans calculs très difficiles. L'invention est donc particulièrement adaptée aux émetteurs radio mobiles et aux émetteurs-récepteurs radio mobiles, par exemple ceux utilisés dans les radiotéléphones portables ou les ordinateurs portables, qui peuvent être soumis à des variations rapides des caractéristiques électromagnétiques du milieu entourant les une ou plusieurs antennes utilisées pour les communications radio.

REVENDECATIONS

1. Procédé pour réglage automatique d'un circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4), le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique étant une partie d'un système d'accord automatique ayant un "accès utilisateur" (5) et un "accès cible" (6), le système d'accord automatique permettant, dans une bande de fréquences donnée, un transfert de puissance depuis l'accès utilisateur vers l'accès cible, le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable, les un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable étant appelés les "dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable" et étant tels que, à une fréquence dans la bande de fréquences donnée, chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable a une réactance, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable ayant une influence sur une impédance présentée par l'accès utilisateur, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable étant réglable par moyen électrique, la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable étant principalement déterminée par un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord", le procédé comportant les étapes suivantes :
 - appliquer une excitation à l'accès utilisateur, l'excitation ayant une fréquence porteuse appelée "la fréquence porteuse de l'excitation", la fréquence porteuse de l'excitation étant dans la bande de fréquences donnée ;
 - capter une ou plusieurs variables électriques à l'accès cible pendant que l'excitation est appliquée, pour obtenir 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 au moins une des une ou plusieurs variables électriques captées à l'accès cible ;
 - générer, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, une valeur initiale du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, en fonction d'une ou plusieurs quantités dépendantes de la fréquence porteuse de l'excitation, une commande en boucle ouverte étant utilisée pour générer ladite valeur initiale du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord ;
 - générer, pour un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, au moins une valeur ultérieure de chacun des dits un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, un algorithme de régulation par recherche d'extremum étant utilisé pour générer ladite au moins une valeur ultérieure de chacun des dits un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, l'algorithme de régulation par recherche d'extremum cherchant à maximiser ou à minimiser une variable de performance en contrôlant les dits un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, la variable de performance étant estimée en fonction d'un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection.

2. Procédé selon la revendication 1, comportant en outre l'étape d'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 d'un appareil pour communication radio, le système d'accord automatique étant une partie de l'appareil pour communication radio, le procédé étant tel que, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, ladite valeur initiale du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord est générée en fonction de chacune des une ou plusieurs variables de localisation et en fonction des dites une ou plusieurs quantités dépendantes de la fréquence porteuse de l'excitation.
3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'algorithme de régulation par recherche d'extremum comporte une étape dans laquelle une ou plusieurs perturbations sont appliquées chacune à un des signaux de contrôle d'accord.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'algorithme de régulation par recherche d'extremum s'achève lorsqu'un critère d'achèvement est satisfait.
5. Système d'accord automatique ayant un "accès utilisateur" (5) et un "accès cible" (6), le système d'accord automatique permettant, dans une bande de fréquences donnée, un transfert de puissance depuis l'accès utilisateur vers l'accès cible, le système d'accord automatique comportant :
 - une unité de détection (1), l'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 captées à l'accès cible pendant qu'une excitation est appliquée à l'accès utilisateur, l'excitation ayant une fréquence porteuse appelée "la fréquence porteuse de l'excitation", la fréquence porteuse de l'excitation étant dans la bande de fréquences donnée ;
 - un circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4), le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable, les un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable étant appelés les "dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable" et étant tels que, à une fréquence dans la bande de fréquences donnée, chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable a une réactance, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable ayant une influence sur une impédance présentée par l'accès utilisateur, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable étant réglable par moyen électrique ;

- une unité de traitement du signal (2), l'unité de traitement du signal délivrant des "instructions d'accord", au moins une des instructions d'accord étant une "instruction d'accord initiale", chacune des une ou plusieurs instructions d'accord initiales étant déterminée en fonction d'une ou plusieurs quantités dépendantes de la fréquence porteuse de l'excitation, le système d'accord automatique étant tel qu'une commande en boucle ouverte est utilisée pour déterminer chacune des une ou plusieurs instructions d'accord initiales, au moins une des instructions d'accord étant une "instruction d'accord ultérieure", l'unité de traitement du signal exécutant un algorithme de régulation par recherche d'extremum pour générer chacune des une ou plusieurs instructions d'accord ultérieures, l'algorithme de régulation par recherche d'extremum cherchant à maximiser ou à minimiser une variable de performance, la variable de performance étant estimée en fonction d'un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection ;
- une unité de contrôle d'accord (3), l'unité de contrôle d'accord recevant les instructions d'accord de l'unité de traitement du signal, l'unité de contrôle d'accord délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord" au circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, l'unité de contrôle d'accord générant, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, une ou plusieurs valeurs du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, les dites une ou plusieurs valeurs du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord étant déterminées en fonction d'au moins une des instructions d'accord, la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable du circuit d'adaptation accordable étant principalement déterminée par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord.
6. Système d'accord automatique selon la revendication 5, comportant en outre une unité de localisation, l'unité 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 d'un appareil pour communication radio, le système d'accord automatique étant une partie de l'appareil pour communication radio, l'unité de traitement du signal étant telle que chacune des une ou plusieurs instructions d'accord initiales est déterminée en fonction de chacune des une ou plusieurs variables de localisation et en fonction des dites une ou plusieurs quantités dépendantes de la fréquence porteuse de l'excitation.
7. Système d'accord automatique selon l'une quelconque des revendications 5 et 6, dans lequel les dits un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection comportent un signal de sortie d'unité de détection proportionnel à une variable électrique, la variable électrique étant une tension aux bornes de l'accès cible.

8. Système d'accord automatique selon l'une quelconque des revendications 5 et 6, dans lequel les dits un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection comportent un signal de sortie d'unité de détection proportionnel à une variable électrique, la variable électrique étant un courant sortant de l'accès cible.
- 5 9. Système d'accord automatique selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, dans lequel les instructions d'accord sont délivrées pendant une ou plusieurs séquences d'accord, chacune des une ou plusieurs séquences d'accord comportant :
- 10 un traitement (23), dans lequel l'unité de traitement du signal délivre une dite instruction d'accord initiale, et dans lequel l'unité de contrôle d'accord génère, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, une valeur initiale déterminée en fonction de ladite une dite instruction d'accord initiale ;
- 15 un traitement (24), dans lequel l'unité de traitement du signal délivre au moins deux dites instructions d'accord ultérieures, et dans lequel l'unité de contrôle d'accord génère, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, au moins deux valeurs ultérieures déterminées chacune en fonction d'une des dites au moins deux dites instructions d'accord ultérieures.
- 20 10. Système d'accord automatique selon l'une quelconque des revendications 5 à 9, dans lequel une ou plusieurs instructions d'accord ultérieures sont telles qu'un gain composite en puissance du circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique est proche d'un gain composite en puissance maximum réalisable avec le circuit d'adaptation accordable à accès d'entrée unique et accès de sortie unique.

1 / 10

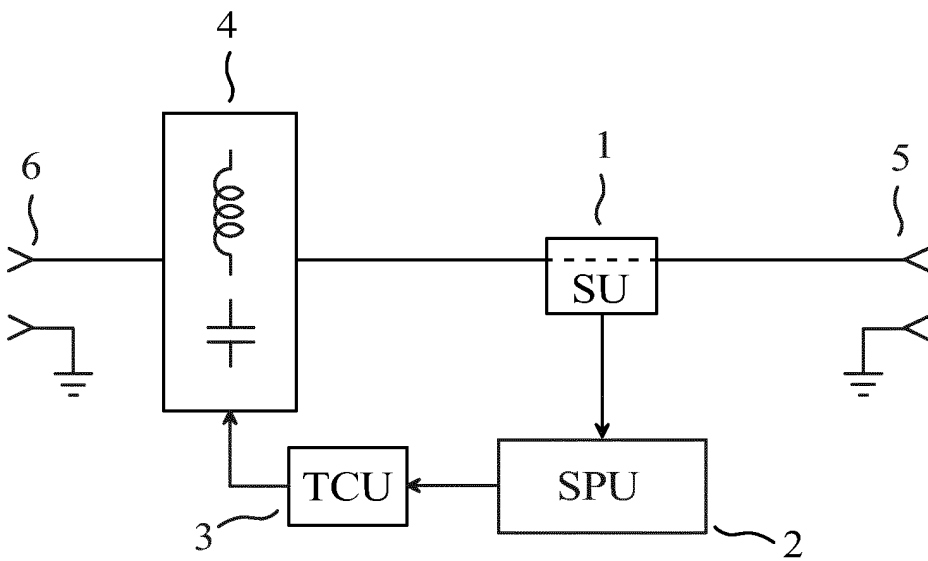


FIG. 1

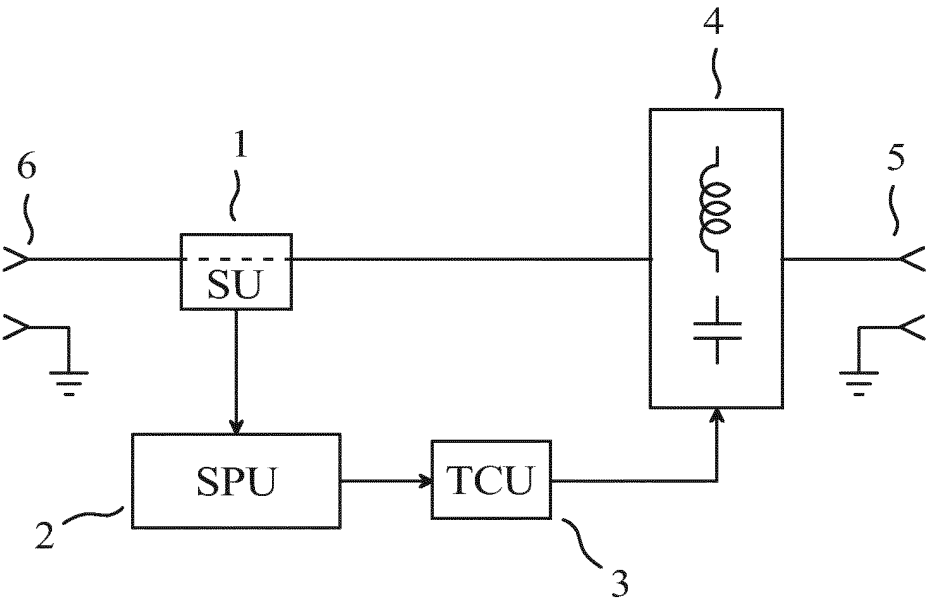


FIG. 2

2 / 10

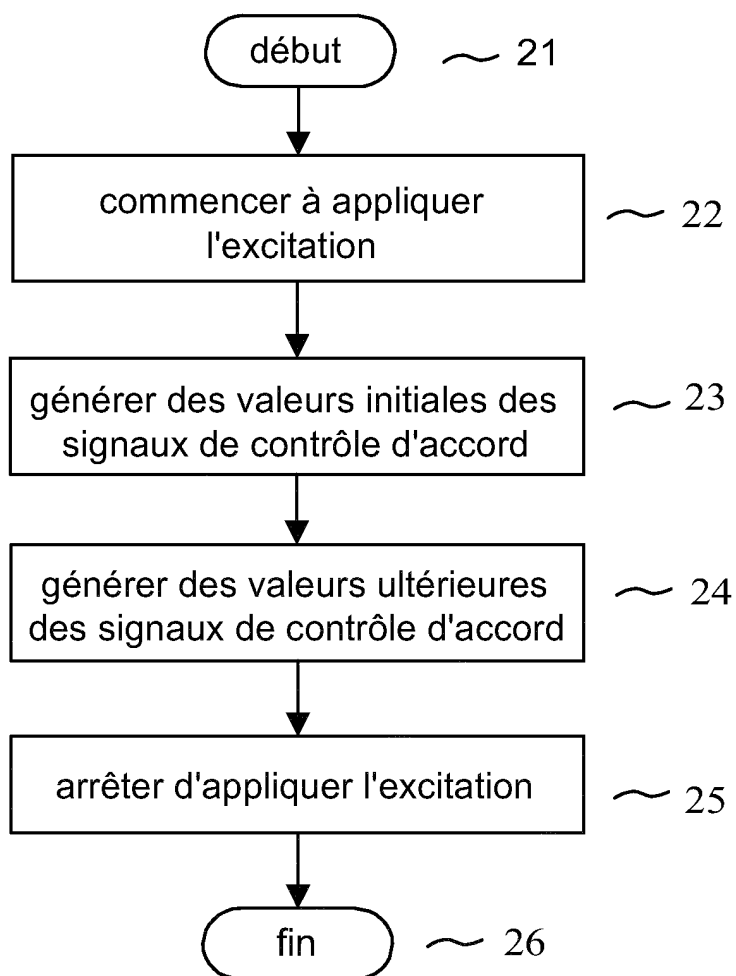


FIG. 3

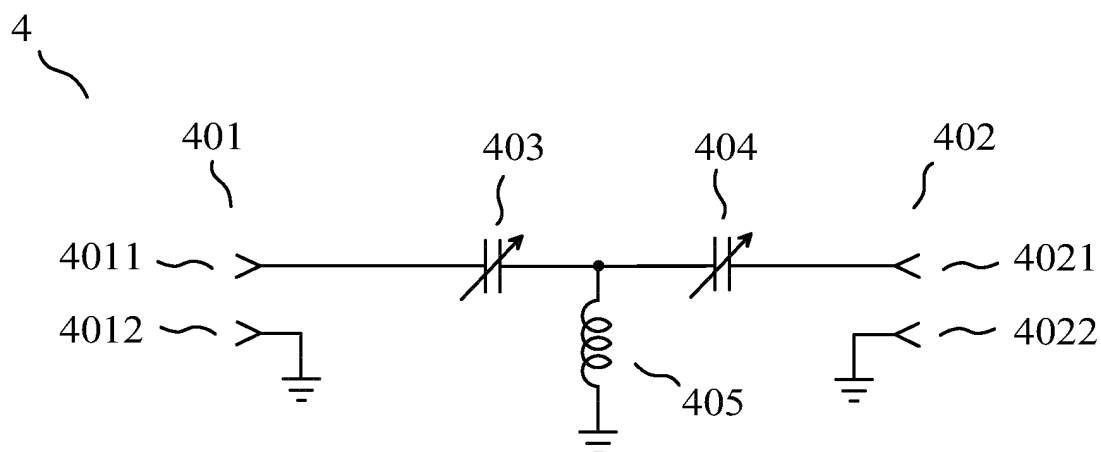


FIG. 4

3 / 10

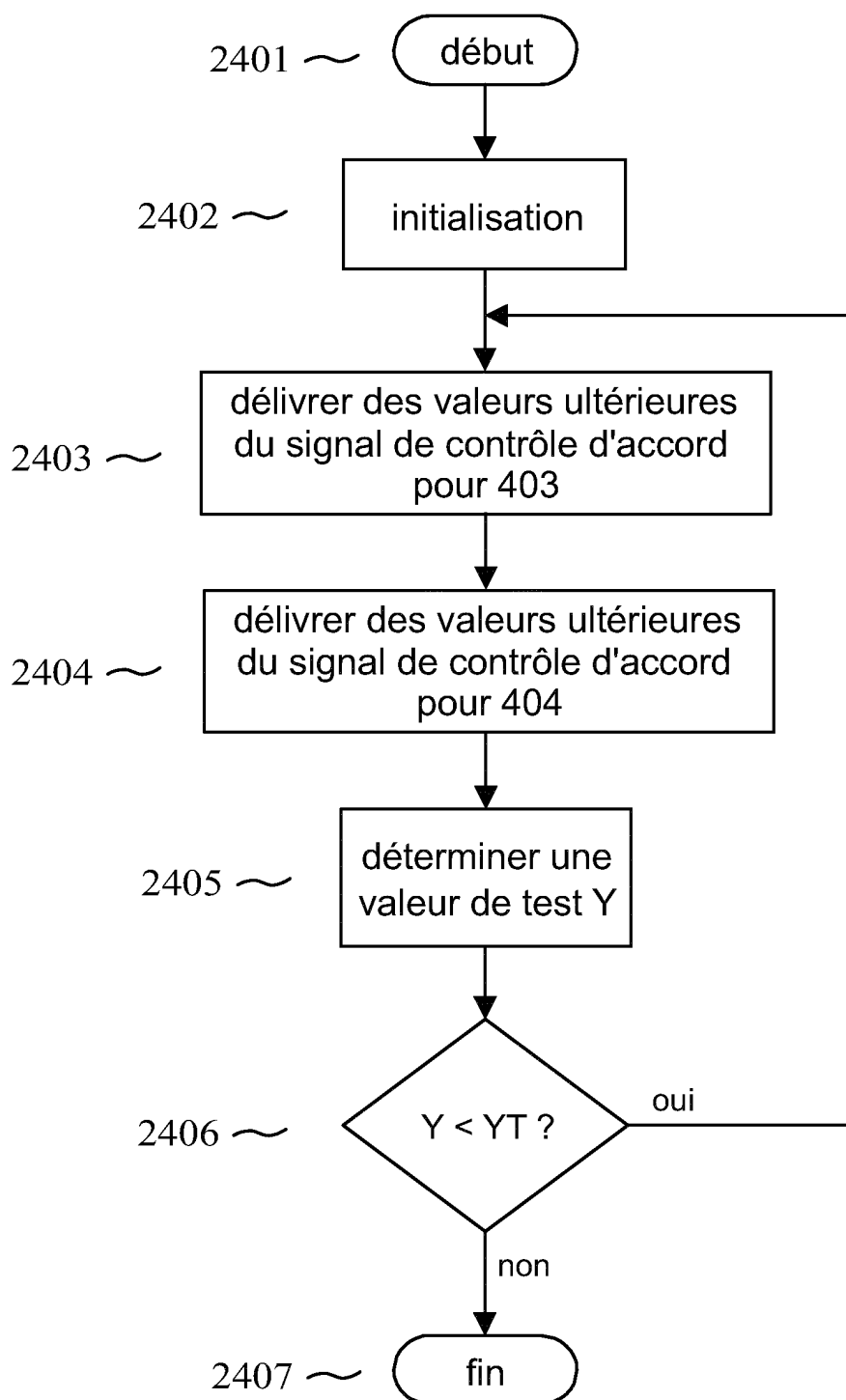


FIG. 5

4 / 10

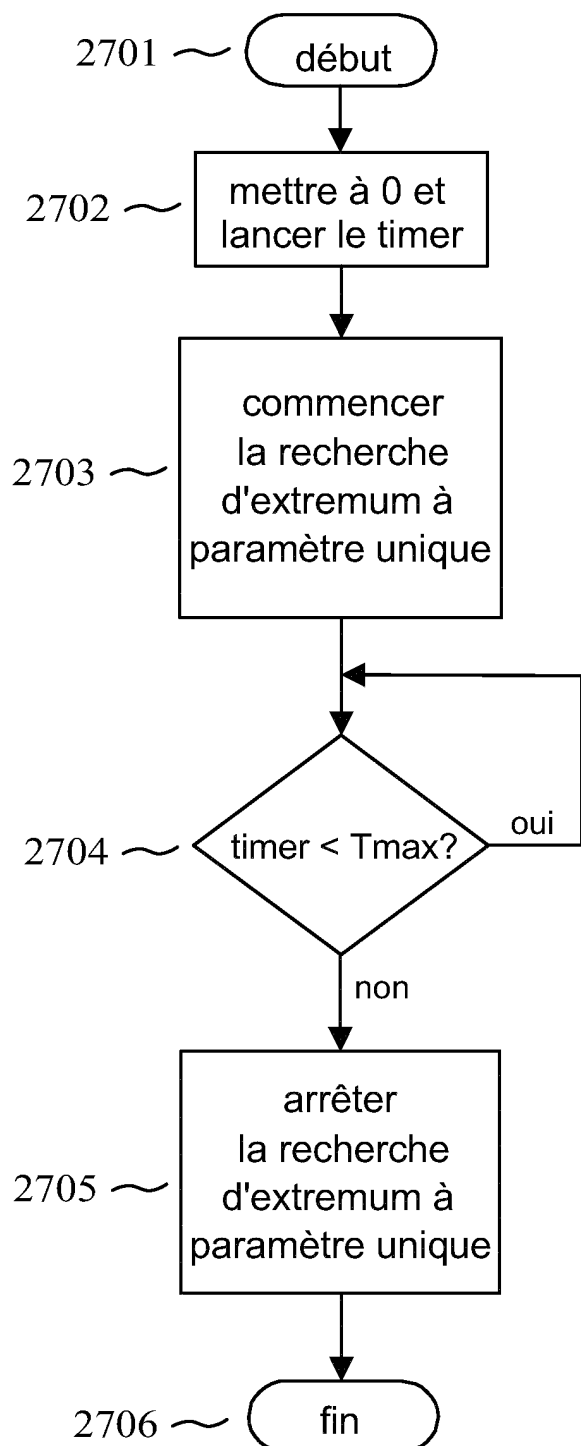


FIG. 6

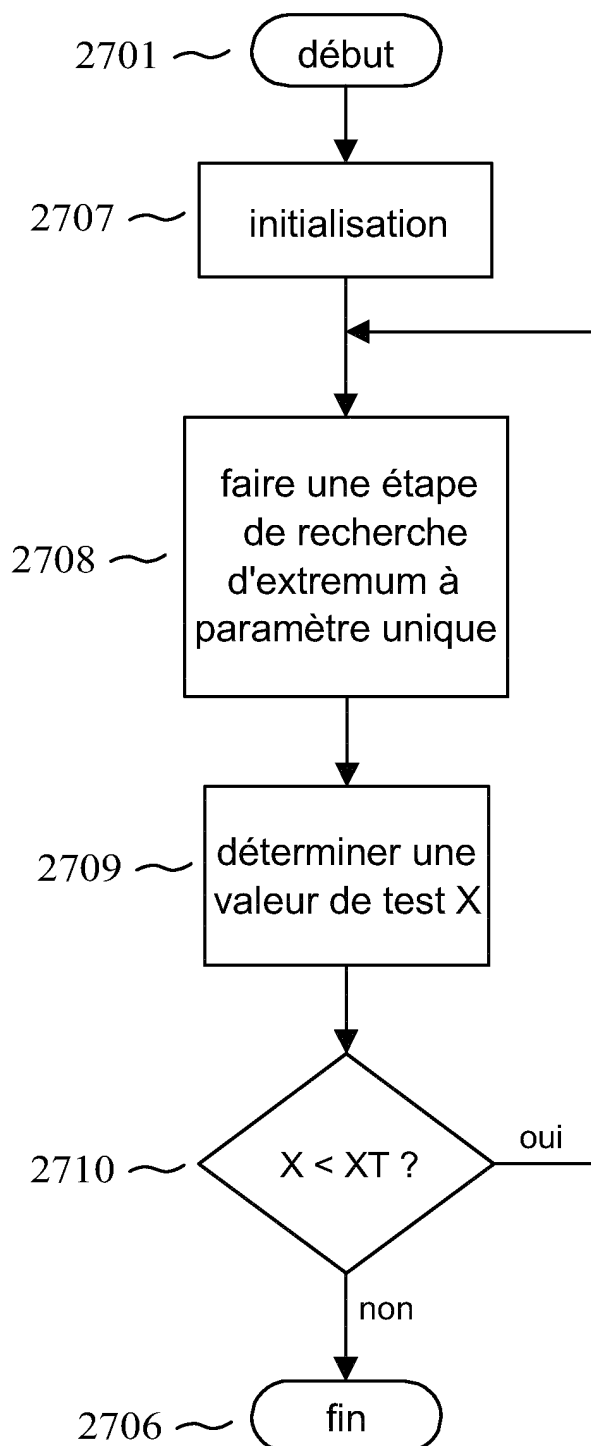


FIG. 7

5 / 10

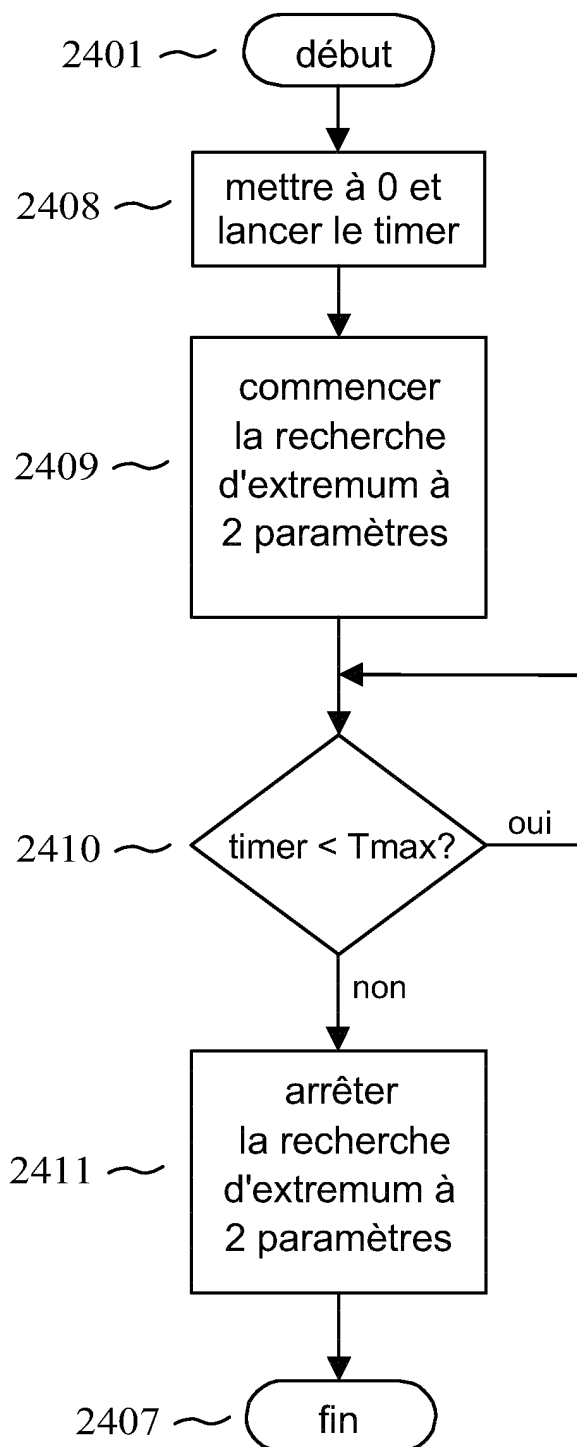


FIG. 8

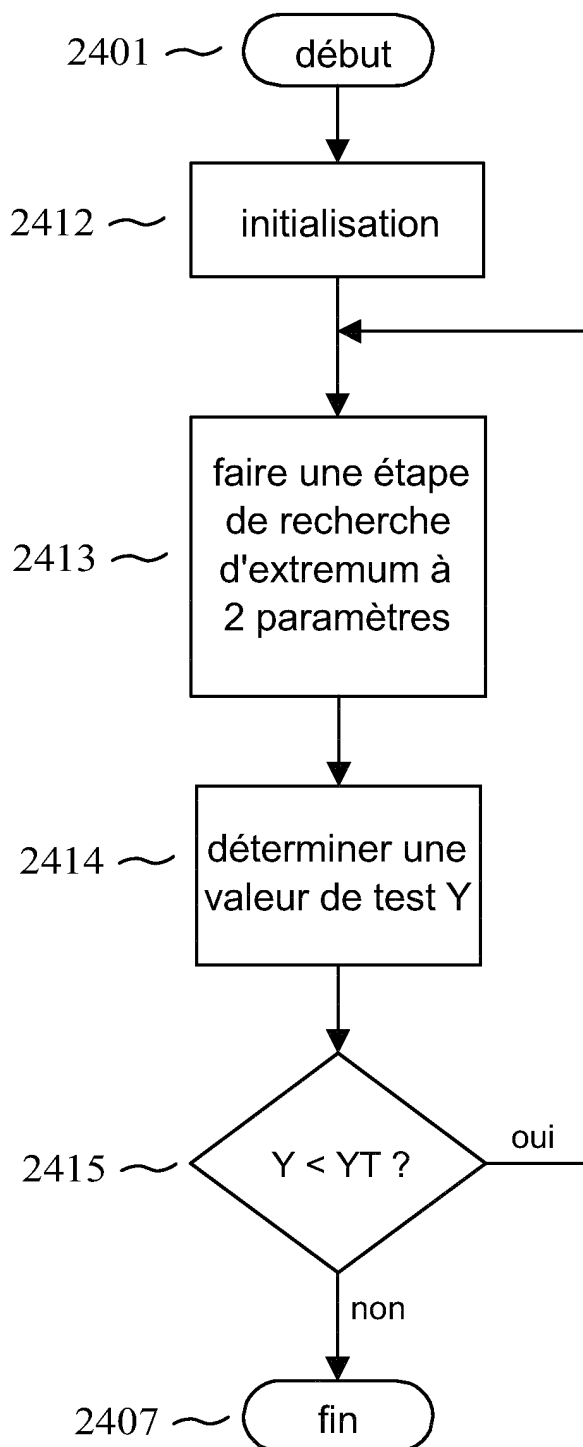


FIG. 9

6 / 10

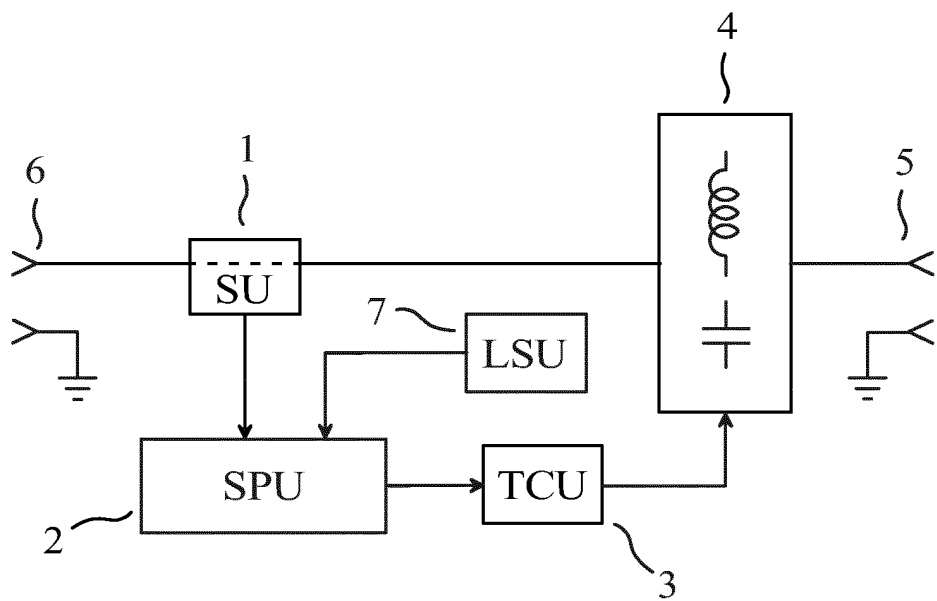


FIG. 10

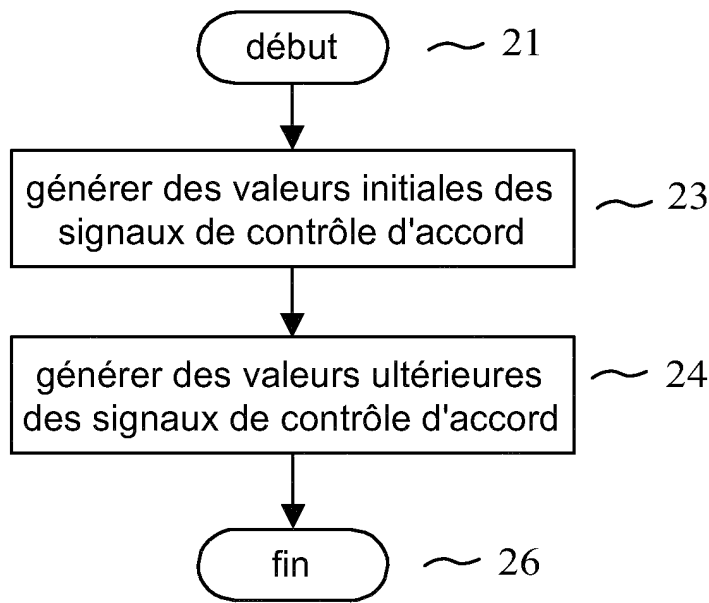


FIG. 11

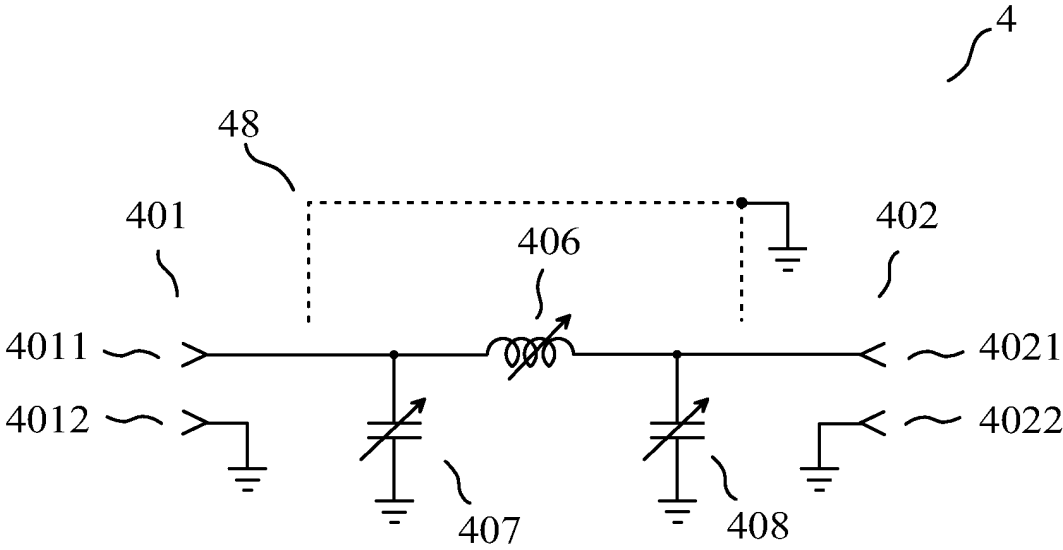


FIG. 12

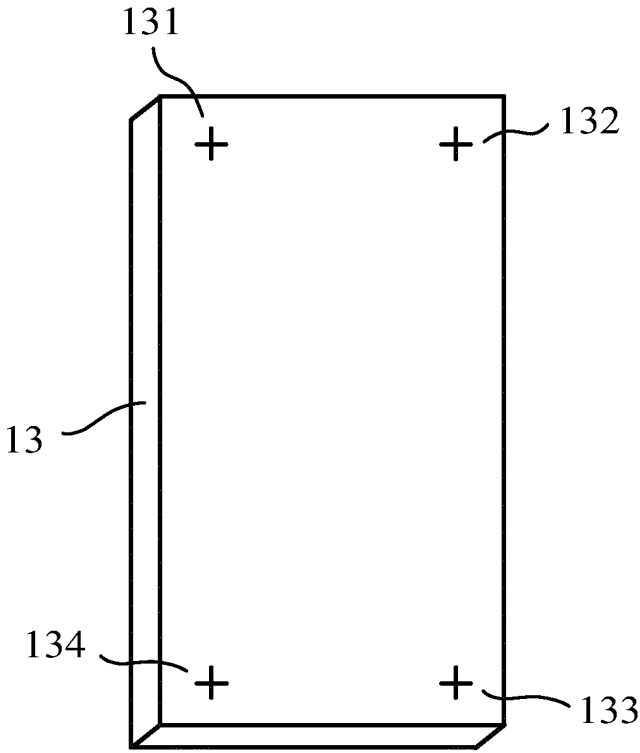
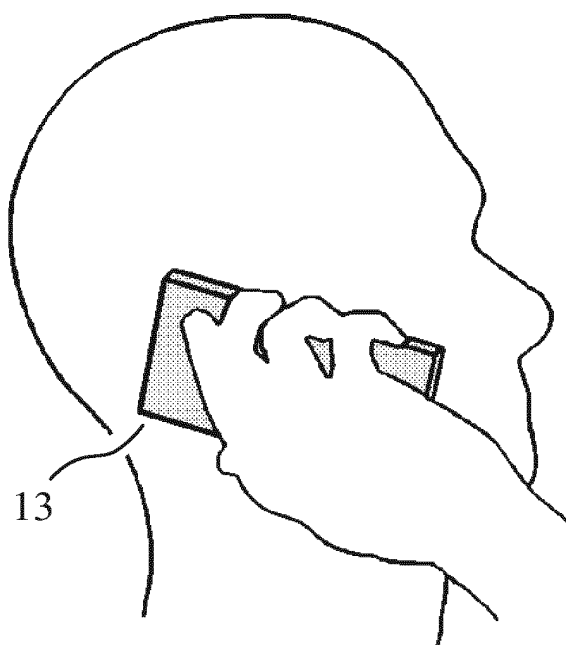
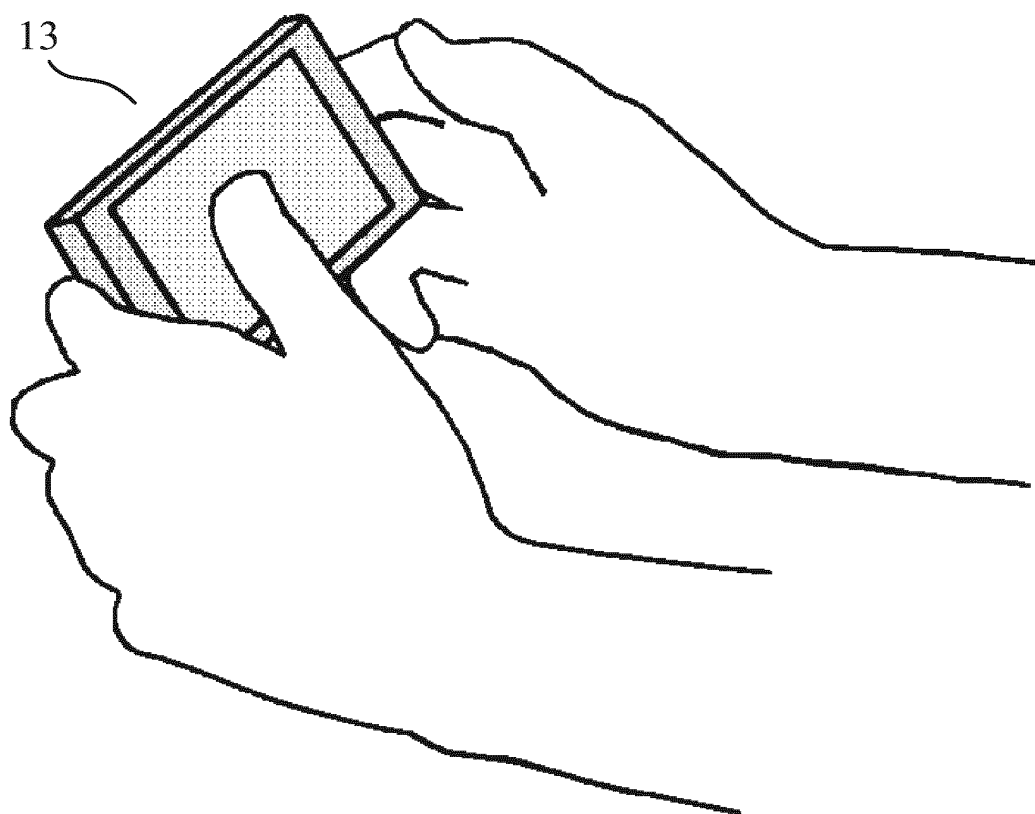


FIG. 13

8 / 10

**FIG. 14****FIG. 15**

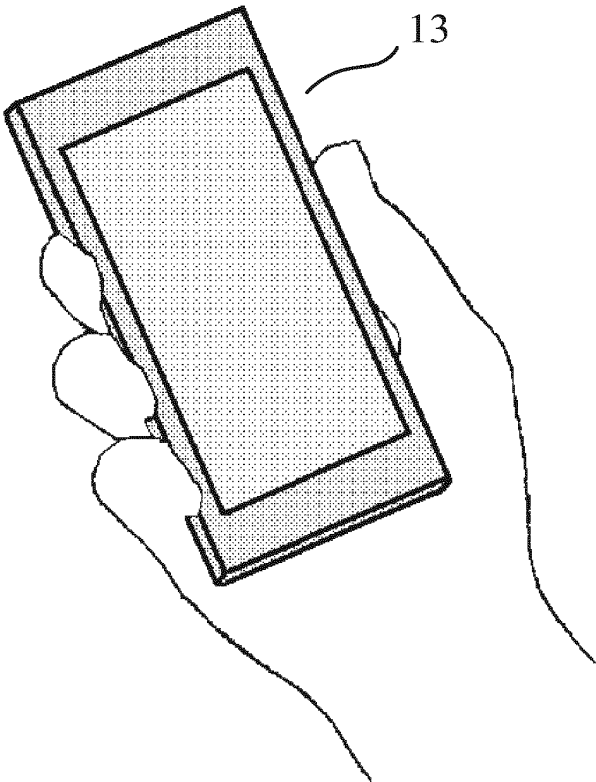


FIG. 16

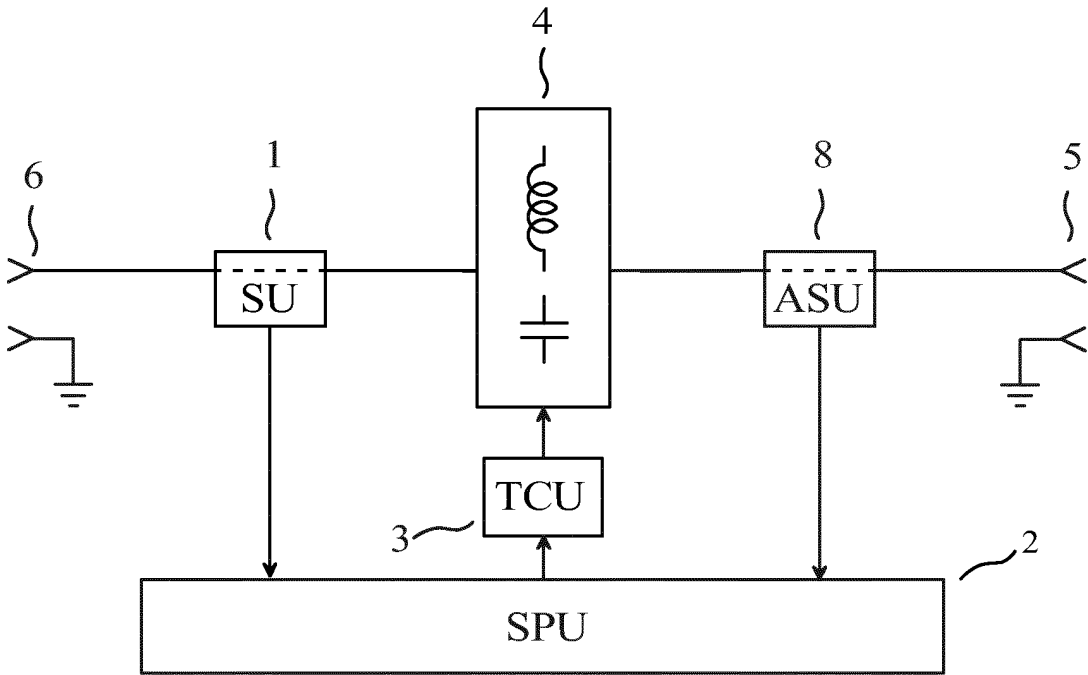


FIG. 17

10 / 10

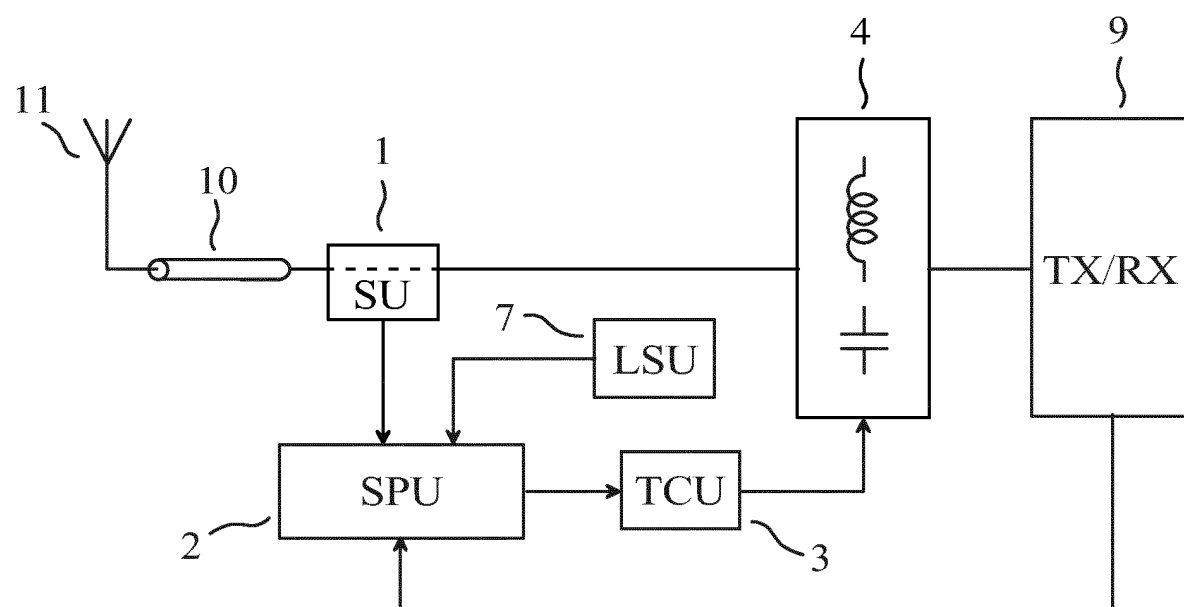


FIG. 18

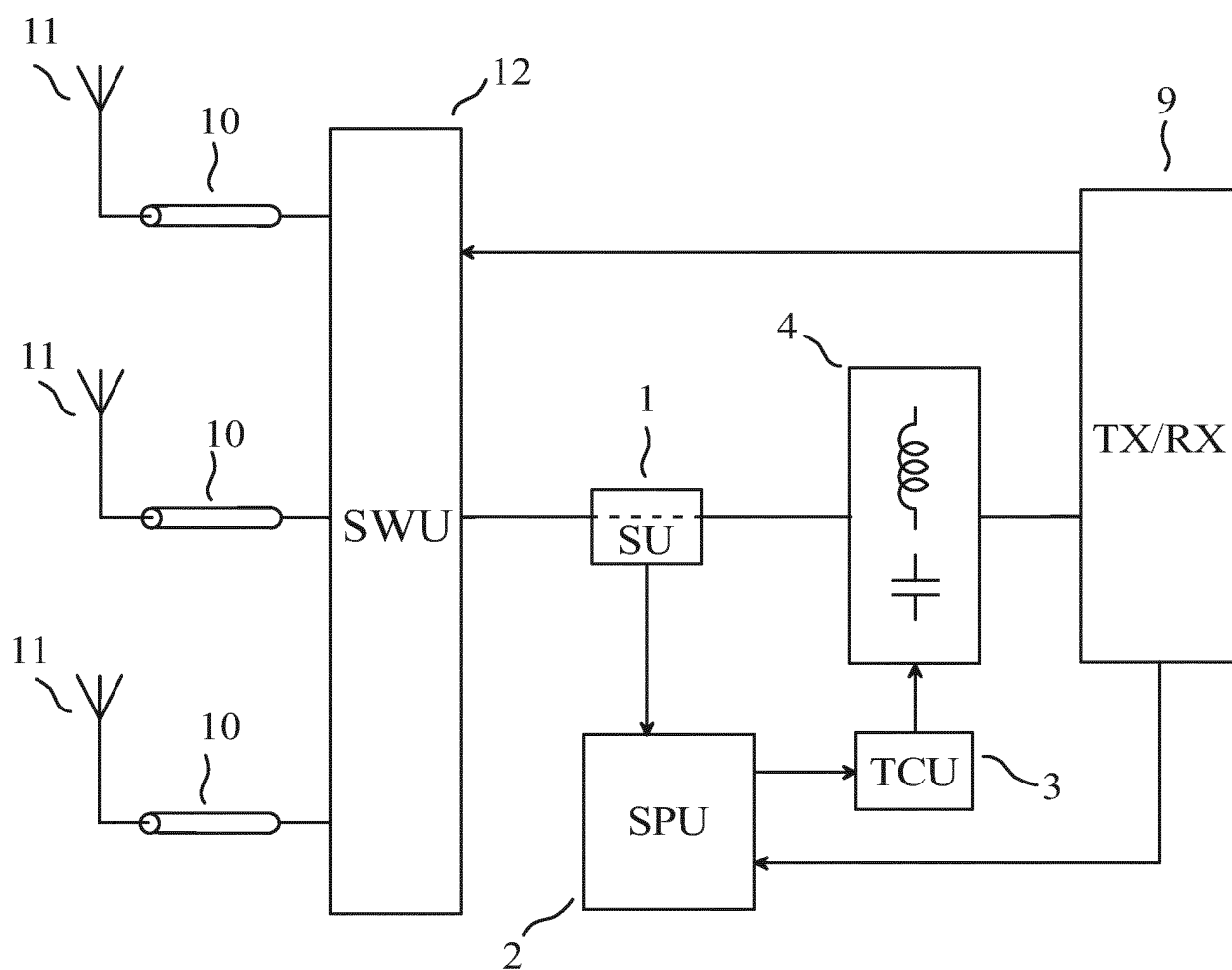


FIG. 19



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 829902
FR 1670337

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2010/182216 A1 (SCHMIDHAMMER EDGAR [DE]) 22 juillet 2010 (2010-07-22) * alinéas [0021], [0108], [0028]; figures 2, 3a, 3b *	1-4,6-10	H03H7/40
X	US 2010/073103 A1 (SPEARS JOHN H [US] ET AL) 25 mars 2010 (2010-03-25) * alinéas [0023], [0030], [0031]; figure 1 *	1,3,4,7-10	
X	US 2003/174100 A1 (OGAWA KOICHI [JP] ET AL) 18 septembre 2003 (2003-09-18) * alinéas [0148], [0076], [0117] - [0126] *	1-4,6-10	
X	THUC DUONG ET AL: "A Dynamically Adaptable Impedance-Matching System for Midrange Wireless Power Transfer with Misalignment", ENERGIES, vol. 8, no. 8, 27 juillet 2015 (2015-07-27), pages 7593-7617, XP055360381, CH ISSN: 1996-1073, DOI: 10.3390/en8087593 * section 3.2. Three-Step Searching Method *	1,4,5,9,10	<div>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)</div> <div>H03H H04B H03F</div>
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
3 avril 2017		Naumann, Olaf	
<div>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</div> <div> X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire </div> <div> T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant </div>			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1670337 FA 829902**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **03-04-2017**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2010182216 A1	22-07-2010	DE 102009024747 A1	29-07-2010
		US 2010182216 A1	22-07-2010

US 2010073103 A1	25-03-2010	US 2010073103 A1	25-03-2010
		US 2012056689 A1	08-03-2012
		US 2012154069 A1	21-06-2012
		US 2013147681 A1	13-06-2013
		US 2013187727 A1	25-07-2013
		US 2015123870 A1	07-05-2015

US 2003174100 A1	18-09-2003	CN 1440090 A	03-09-2003
		EP 1339131 A2	27-08-2003
		KR 20030069846 A	27-08-2003
		US 2003174100 A1	18-09-2003
