

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

①① **N° de publication :** **3 066 859**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)  
②① **N° d'enregistrement national :** **17 70537**  
⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **H 01 Q 9/14** (2017.01), H 01 Q 1/52, H 01 Q 7/00

①②

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤④ **PROCÉDE POUR REGLER AUTOMATIQUEMENT UNE ANTENNE PASSIVE ACCORDABLE ET UNE UNITÉ D'ACCORD, ET APPAREIL POUR COMMUNICATION RADIO UTILISANT CE PROCÉDE.**

②② **Date de dépôt :** 25.05.17.

③③ **Priorité :**

④③ **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 30.11.18 Bulletin 18/48.

④⑤ **Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention :** 14.06.19 Bulletin 19/24.

⑤⑥ **Liste des documents cités dans le rapport de recherche :**

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥⑥ **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

**Demande(s) d'extension :**

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

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

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

⑦④ **Mandataire(s) :** TEKCEM.

**FR 3 066 859 - B1**



## Procédé pour régler automatiquement une antenne passive accordable et une unité d'accord, et appareil pour communication radio utilisant ce procédé

### DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

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

### 10 ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

système d'antenne automatique montré sur la figure 2. Ce système d'antenne automatique est  
 similaire à celui qui est divulgué dans le neuvième mode de réalisation de la demande de brevet  
 français numéro 14/00666 du 20 mars 2014 et de la demande PCT numéro PCT/IB2015/051644  
 du 6 mars 2015 (WO 2015/140660). Le système d'antenne automatique montré sur la figure 2  
 5 a un accès utilisateur (31), l'accès utilisateur présentant, à une fréquence donnée, une impédance  
 appelée "l'impédance présentée par l'accès utilisateur", le système d'antenne automatique  
 comportant :

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

15 une unité de détection (3) délivrant deux "signaux de sortie d'unité de détection", chacun  
 des signaux de sortie d'unité de détection étant déterminé par une variable électrique  
 captée (ou mesurée) à l'accès utilisateur pendant qu'une excitation est appliquée à  
 l'accès utilisateur ;

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

30 une liaison d'antenne (2) ayant une première extrémité couplée à un accès signal de  
 l'antenne passive accordable, la liaison d'antenne ayant une seconde extrémité couplée  
 à l'accès de sortie ;

35 une unité de traitement du signal (5), l'unité de traitement du signal estimant  $q$  quantités  
 réelles dépendantes de l'impédance présentée par l'accès utilisateur, où  $q$  est un entier  
 supérieur ou égal à 1, en utilisant les signaux de sortie d'unité de détection, l'unité de  
 traitement du signal délivrant une "instruction de réglage" en fonction des dites  $q$   
 quantités réelles dépendantes de l'impédance présentée par l'accès utilisateur ; et

une unité de contrôle (6), l'unité de contrôle recevant l'instruction de réglage de l'unité de  
 traitement du signal (5), l'unité de contrôle délivrant des "signaux de contrôle", les  
 signaux de contrôle étant déterminés en fonction de l'instruction de réglage, la

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

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

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

## EXPOSÉ DE L'INVENTION

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

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

Dans la suite, en accord avec le "IEC multilingual dictionary of electricity" édité par le  
30 *Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale* en 1983, "commande en boucle ouverte" (traduction littérale de l'expression "open-loop control" de la langue anglaise), synonyme de "commande en chaîne ouverte", signifie une commande qui ne fait pas usage d'une mesure de la grandeur commandée, et "commande en boucle fermée" (traduction littérale de l'expression "closed-loop control" de la langue anglaise), synonyme de "commande en  
35 chaîne fermée" et de "asservissement", signifie une commande où l'action sur le système commandé est rendue dépendante d'une mesure de la grandeur commandée.

Le procédé selon l'invention est un procédé pour régler automatiquement une ou plusieurs antennes passives accordables et une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique ayant un accès d'entrée et un accès de sortie, les une ou plusieurs antennes passives accordables et l'unité

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

- 10 délivrer un ou plusieurs "signaux de contrôle d'antenne", chacune des une ou plusieurs antennes passives accordables comportant au moins un dispositif de contrôle d'antenne, une ou plusieurs caractéristiques de ladite chacune des une ou plusieurs antennes passives accordables étant contrôlées en utilisant ledit au moins un dispositif
- 15 de contrôle d'antenne, ledit au moins un dispositif de contrôle d'antenne ayant au moins un paramètre ayant une influence sur les dites une ou plusieurs caractéristiques, ledit au moins un paramètre étant réglable par moyen électrique, ledit au moins un paramètre étant principalement déterminé par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne ;
- appliquer une excitation à l'accès d'entrée ;
- 20 capter une ou plusieurs variables électriques à l'accès de sortie 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 de sortie ;
- 25 estimer  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, où  $q$  est un entier supérieur ou égal à un, en utilisant un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection ;
- délivrer un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord", l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant  $p$  dispositifs à impédance réglable, où  $p$
- 30 est un entier supérieur ou égal à un, les  $p$  dispositifs à impédance réglable étant appelés les "un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord" et étant tels que, à la fréquence donnée, chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord a une réactance, la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord étant réglable par
- 35 moyen électrique, la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord étant principalement déterminée par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, ladite étape de délivrer un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord" comportant les étapes suivantes :

généraliser, 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 des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie ;

5 généraliser, 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 généraliser ladite au moins une valeur ultérieure de chacun des dits un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, 10 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.

15 La fréquence donnée peut par exemple être une fréquence supérieure ou égale à 150 kHz. Le spécialiste comprend que l'impédance vue par l'accès de sortie est un nombre complexe, et qu'une impédance présentée par l'accès d'entrée est un nombre complexe. Nous utiliserons  $Z_{Sortie}$  pour désigner l'impédance vue par l'accès de sortie, et  $Z_U$  pour désigner l'impédance présentée par l'accès d'entrée.

20 Chacune des une ou plusieurs antennes passives accordables a un accès, appelé "l'accès signal" de l'antenne passive accordable, qui peut être utilisé pour recevoir et/ou pour émettre des ondes électromagnétiques. Chacune des une ou plusieurs antennes passives accordables comporte au moins un dispositif de contrôle d'antenne, qui peut comporter une ou plusieurs bornes utilisées pour d'autres connexions électriques. Il est supposé que chacune des une ou 25 plusieurs antennes passives accordables se comporte, à la fréquence donnée, par rapport à son accès signal, sensiblement comme une antenne passive, c'est-à-dire comme une antenne qui est linéaire et qui n'utilise pas d'amplificateur pour amplifier des signaux reçus par l'antenne ou émis par l'antenne. Soit  $N$  le nombre des une ou plusieurs antennes passives accordables. En conséquence de la linéarité, en ne considérant, pour chacune des une ou plusieurs antennes 30 passives accordables, que son accès signal, il est possible de définir : si  $N$  est égal à un, une impédance présentée par les une ou plusieurs antennes passives accordables ; et si  $N$  est supérieur ou égal à 2, une matrice impédance présentée par les une ou plusieurs antennes passives accordables, cette matrice étant une matrice carrée d'ordre  $N$ .

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

Il est dit plus haut que l'appareil pour communication radio permet, à la fréquence donnée,

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

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

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

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

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

5 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

10 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

15 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

20 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

25 types de régulation par recherche d'extremum.

30

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

35 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 de sortie. Par exemple, il est possible que la variable de performance soit une quantité réelle dépendant d'un module d'une tension aux bornes de l'accès de sortie, ou une quantité représentative du module de la tension aux bornes de l'accès de sortie. Ladite quantité réelle dépendant d'un module d'une tension aux bornes de l'accès de sortie peut par exemple être sensiblement proportionnelle au module d'une tension aux bornes de l'accès de sortie, ou au carré du module d'une tension aux bornes de l'accès de sortie. Par exemple, il est possible que la variable de performance soit une quantité réelle dépendant d'un module d'un courant sortant de l'accès de sortie, ou une quantité représentative du module du courant sortant de l'accès de sortie. Ladite quantité réelle dépendant d'un module d'un courant sortant de l'accès de sortie peut par exemple être sensiblement proportionnelle au module d'un courant sortant de l'accès de sortie, ou au carré du module d'un courant sortant de l'accès de sortie. Par exemple, il est possible que la variable de performance soit une quantité réelle dépendant d'un module d'une tension incidente à l'accès de sortie, ou une quantité représentative du module de la tension incidente à l'accès de sortie. Ladite quantité réelle dépendant d'un module d'une tension incidente à l'accès de sortie peut par exemple être sensiblement proportionnelle au module d'une tension incidente à l'accès de sortie, ou au carré du module d'une tension incidente à l'accès de sortie. Par exemple, il est possible que la variable de performance soit une quantité réelle dépendant d'une puissance moyenne délivrée par l'accès de sortie, ou une quantité représentative de la puissance moyenne délivrée par l'accès de sortie. D'autres explications sur la variable de performance sont données ci-dessous dans les présentations du deuxième mode de réalisation, du troisième mode de réalisation et du vingt-quatrième mode de réalisation.

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 d'entrée varie au cours du temps, et que la variable de performance varie au cours du temps. Ceci peut être préjudiciable au fonctionnement de l'appareil pour communication radio, car 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 soit une antenne, soit une unité d'accord 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 une unité d'accord 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 d'entrée. De la même façon, les appareils décrits dans le brevet des États-Unis d'Amérique n° 4,356,458, intitulé "Automatic Impedance Matching Apparatus" et dans ledit brevet 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 d'entrée ou d'un rapport d'onde stationnaire à l'accès d'entrée. Ces procédés de l'état de l'art antérieur pour régler automatiquement une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique n'ont pas les trois caractéristiques suivantes de l'invention :

- le procédé selon l'invention permet de régler automatiquement une ou plusieurs antennes passives accordables et une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique ;
- 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 ou plusieurs des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie ;
- 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 de sortie.

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 les une ou

plusieurs antennes passives accordables et l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, sans des calculs très difficiles, en dépit de la présence de pertes dans l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique.

Le spécialiste voit une différence fondamentale entre la méthode de l'état de l'art antérieur mise en oeuvre dans le système d'antenne automatique montré sur la figure 2, d'une part, et l'invention, d'autre part. Ladite méthode de l'état de l'art antérieur utilise des signaux de sortie d'unité de détection, chacun des signaux de sortie d'unité de détection étant déterminé par une variable électrique captée à l'accès utilisateur. Au contraire, la méthode selon l'invention utilise un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection principalement déterminés par des variables électriques captées à l'accès de sortie.

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

Par exemple, il est possible qu'une commande en boucle ouverte soit utilisée pour générer ladite valeur initiale du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord. De façon équivalente, il est par exemple possible qu'une structure de commande en boucle ouverte soit utilisée pour générer ladite valeur initiale du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord. Cette caractéristique possible sera expliquée ci-dessous dans les présentations du deuxième mode de réalisation, du quatrième mode de réalisation et du sixième mode de réalisation.

Par exemple, il est possible qu'une commande en boucle ouverte soit utilisée pour délivrer chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne. De façon équivalente, il est par exemple possible qu'une structure de commande en boucle ouverte soit utilisée pour délivrer chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne. Cette caractéristique possible sera expliquée ci-dessous dans les présentations du quatrième mode de réalisation, du sixième mode de réalisation et du douzième mode de réalisation. Cependant, comme montré dans le cinquième mode de réalisation, il est possible qu'une commande en boucle fermée soit utilisée pour délivrer chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne.

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

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

moins un paramètre étant réglable par moyen électrique ;

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

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 de sortie pendant qu'une excitation est appliquée à l'accès d'entrée ;

une unité d'émission et de traitement du signal, l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant une ou plusieurs "instructions de réglage d'antenne", l'unité d'émission et de traitement du signal appliquant l'excitation à l'accès d'entrée, l'unité d'émission et de traitement du signal estimant  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, où  $q$  est un entier supérieur ou égal à un, en utilisant un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection, l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant des "instructions de réglage d'unité d'accord", au moins une des instructions de réglage d'unité d'accord étant une "instruction de réglage d'unité d'accord initiale", chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord initiales étant déterminée en fonction d'une ou plusieurs des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, au moins une des instructions de réglage d'unité d'accord étant une "instruction de réglage d'unité d'accord ultérieure", l'unité d'émission et de traitement du signal exécutant un algorithme de régulation par recherche d'extremum pour générer chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité 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 ; et

une unité de contrôle, l'unité de contrôle délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'antenne" aux une ou plusieurs antennes passives accordables, chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne étant déterminé en fonction d'au moins une des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne, chacun des dits paramètres

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

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

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

pour 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 comportent une valeur initiale déterminée en fonction d'une des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité 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 d'accord comportent au moins une valeur ultérieure déterminée en fonction d'une des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord ultérieures.

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

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

Ladite unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comporte un accès d'entrée et un accès de sortie. Il est supposé que ladite unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique se comporte, à ladite fréquence donnée, par rapport à son accès d'entrée et à son accès de sortie, sensiblement comme un dispositif linéaire passif, où "passif" est utilisé au sens de la théorie des circuits. Plus précisément, ladite unité d'accord à accès d'entrée unique

et accès de sortie unique se comporte, à ladite fréquence donnée, par rapport à l'accès de sortie et à l'accès d'entrée, sensiblement comme un dispositif linéaire passif à 2 accès. Comme conséquence de la linéarité, il est possible de définir l'impédance présentée par l'accès d'entrée. Comme conséquence de la passivité, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie  
 5 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  
 10 du système contrôlé est un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord).

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

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

Le spécialiste comprend que l'appareil pour communication radio selon l'invention est adaptatif dans le sens où les dits paramètres et les réactances des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord peuvent être automatiquement modifiés au cours du  
 20 temps en fonction des un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection, qui sont chacun principalement déterminés par une ou plusieurs variables électriques.

## BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

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  
 25 limitatifs, et représentés dans les dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 représente un schéma-bloc d'un système d'antenne automatique, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- la figure 2 représente un schéma-bloc d'un système d'antenne automatique, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- 30 - la figure 3 représente un schéma-bloc d'un appareil pour communication radio selon l'invention (premier mode de réalisation) ;
- la figure 4 représente un algorithme mis en oeuvre dans un appareil pour communication radio selon l'invention (quatrième mode de réalisation) ;
- la figure 5 représente le schéma d'une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès  
 35 de sortie unique, qui peut être utilisée dans l'appareil pour communication radio montré sur la figure 3 (quatrième mode de réalisation) ;

- la figure 6 représente un algorithme mis en oeuvre dans un appareil pour communication radio selon l'invention (quatrième mode de réalisation) ;
- la figure 7 représente un algorithme mis en oeuvre dans un appareil pour communication radio selon l'invention (cinquième mode de réalisation) ;
- 5 - la figure 8 représente un algorithme mis en oeuvre dans un appareil pour communication radio selon l'invention (sixième mode de réalisation) ;
- la figure 9 représente le schéma d'une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, qui peut être utilisée dans l'appareil pour communication radio montré sur la figure 3 (sixième mode de réalisation) ;
- 10 - la figure 10 représente une première antenne passive accordable, qui comporte un seul dispositif de contrôle d'antenne (huitième mode de réalisation) ;
- la figure 11 représente une deuxième antenne passive accordable, qui comporte trois dispositifs de contrôle d'antenne (neuvième mode de réalisation) ;
- la figure 12 représente une troisième antenne passive accordable, qui comporte quatre  
15 dispositifs de contrôle d'antenne (dixième mode de réalisation) ;
- la figure 13 représente une quatrième antenne passive accordable, qui comporte un seul dispositif de contrôle d'antenne (onzième mode de réalisation) ;
- la figure 14 représente un schéma-bloc d'un appareil pour communication radio selon l'invention (douzième mode de réalisation) ;
- 20 - la figure 15 montre une vue d'arrière d'un téléphone mobile (treizième mode de réalisation) ;
- la figure 16 montre une première configuration d'utilisation typique (configuration main droite et tête) ;
- la figure 17 montre une deuxième configuration d'utilisation typique (configuration  
25 deux mains) ;
- la figure 18 montre une troisième configuration d'utilisation typique (configuration main droite seulement) ;
- la figure 19 représente un algorithme mis en oeuvre dans un système d'accord automatique selon l'invention (quatorzième mode de réalisation) ;
- 30 - la figure 20 représente un algorithme mis en oeuvre dans un système d'accord automatique selon l'invention (quinzième mode de réalisation) ;
- la figure 21 représente un algorithme mis en oeuvre dans un système d'accord automatique selon l'invention (seizième mode de réalisation) ;
- la figure 22 représente un algorithme mis en oeuvre dans un système d'accord  
35 automatique selon l'invention (dix-septième mode de réalisation) ;
- la figure 23 représente un algorithme mis en oeuvre dans un système d'accord automatique selon l'invention (dix-huitième mode de réalisation) ;
- la figure 24 représente un schéma-bloc d'un appareil pour communication radio selon

- l'invention (dix-neuvième mode de réalisation) ;
- la figure 25 représente un schéma-bloc d'un appareil pour communication radio selon l'invention (vingtième mode de réalisation) ;
  - la figure 26 représente un schéma-bloc d'un appareil pour communication radio selon l'invention (vingtième mode de réalisation) ;
  - la figure 27 représente le schéma d'une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, qui peut être utilisée dans les appareils pour communication radio montrés sur la figure 25 et la figure 26 (vingt-et-unième mode de réalisation) ;
  - la figure 28 représente le schéma d'une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, qui peut être utilisée dans les appareils pour communication radio montrés sur la figure 25 et la figure 26 (vingt-deuxième mode de réalisation) ;
  - la figure 29 représente le schéma d'une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, qui peut être utilisée dans les appareils pour communication radio montrés sur la figure 25 et la figure 26 (vingt-troisième mode de réalisation) ;
  - la figure 30 représente un schéma-bloc d'un appareil pour communication radio selon l'invention (vingt-quatrième 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 3 le schéma-bloc d'un appareil pour communication radio comportant :

- une antenne passive accordable (1), l'antenne passive accordable comportant au moins un dispositif de contrôle d'antenne, une ou plusieurs caractéristiques de ladite antenne passive accordable étant contrôlées en utilisant ledit au moins un dispositif de contrôle d'antenne, ledit au moins un dispositif de contrôle d'antenne ayant au moins un paramètre ayant une influence sur les dites une ou plusieurs caractéristiques, ledit au moins un paramètre étant réglable par moyen électrique ;
- une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4) ayant un accès d'entrée et un accès de sortie, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant  $p$  dispositifs à impédance réglable, où  $p$  est un entier supérieur ou égal à 2, les  $p$  dispositifs à impédance réglable étant appelés les "un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord" et étant tels que, à une fréquence donnée supérieure ou égale à 30 MHz, chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord a une réactance, la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord étant réglable par moyen électrique ;

- une unité de détection (3), l'unité de détection délivrant deux "signaux de sortie d'unité de détection", chacun des signaux de sortie d'unité de détection étant déterminé par une variable électrique captée (ou mesurée) à l'accès de sortie pendant qu'une excitation est appliquée à l'accès d'entrée ;
- 5 une liaison d'antenne (2) ayant une première extrémité qui est directement couplée à un accès signal de l'antenne passive accordable, la liaison d'antenne ayant une seconde extrémité qui est indirectement couplée à l'accès de sortie, à travers l'unité de détection ;
- 10 une unité d'émission et de traitement du signal (8), l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant une ou plusieurs "instructions de réglage d'antenne", l'unité d'émission et de traitement du signal appliquant l'excitation à l'accès d'entrée, l'excitation ayant une fréquence porteuse appelée "la fréquence porteuse de l'excitation", l'unité d'émission et de traitement du signal estimant  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, où  $q$  est un entier supérieur ou
- 15 égal à 2, en utilisant les signaux de sortie d'unité de détection, l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant des "instructions de réglage d'unité d'accord", au moins une des instructions de réglage d'unité d'accord étant une "instruction de réglage d'unité d'accord initiale", chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord initiales étant déterminée en fonction d'une ou plusieurs des dites  $q$  quantités
- 20 réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, au moins une des instructions de réglage d'unité d'accord étant une "instruction de réglage d'unité d'accord ultérieure", chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord ultérieures étant déterminée en utilisant un algorithme de régulation par recherche d'extremum, l'algorithme de régulation par recherche d'extremum cherchant
- 25 à maximiser une variable de performance, la variable de performance étant estimée en fonction d'un ou plusieurs des signaux de sortie d'unité de détection ;
- une unité de contrôle (6), l'unité de contrôle recevant les une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne, l'unité de contrôle délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'antenne" à l'antenne passive accordable, chacun des un ou plusieurs signaux de
- 30 contrôle d'antenne étant déterminé en fonction d'au moins une des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne, chacun des dits paramètres étant principalement déterminé par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne, l'unité de contrôle recevant les instructions de réglage d'unité d'accord, l'unité de contrôle délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord" à l'unité d'accord à accès
- 35 d'entrée unique et accès de sortie unique, l'unité de contrôle 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 de réglage d'unité d'accord, la réactance de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord étant principalement déterminée par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord.

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

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

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

35 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. Dans ce cas, l'excitation peut être un signal sinusoïdal dont la fréquence est 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 la fréquence de ladite porteuse. Dans ce cas, l'excitation peut être un signal sinusoïdal modulé en amplitude. 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. Dans ce cas, l'excitation peut être un signal sinusoïdal modulé en fréquence. Par exemple, 5 comme expliqué dans le troisième 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 peut prendre n'importe quelle valeur sélectionnée dans un "ensemble de valeurs possibles de la fréquence porteuse de l'excitation", l'ensemble de 10 valeurs possibles de la fréquence porteuse de l'excitation ayant plusieurs éléments.

L'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4) est telle qu'elle peut procurer, à ladite fréquence donnée, pour des valeurs convenables des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, un transfert de puissance à faibles pertes depuis l'accès d'entrée jusqu'à l'accès de sortie, et un transfert de puissance à faibles pertes depuis l'accès de sortie jusqu'à 15 l'accès d'entrée.

L'accès de sortie étant indirectement couplé à l'antenne passive accordable, le spécialiste voit que l'appareil pour communication radio permet, à la fréquence donnée, un transfert de puissance depuis l'accès d'entrée jusqu'à un champ électromagnétique rayonné par l'antenne passive accordable. Ainsi, l'appareil pour communication radio est tel que, si une puissance est 20 reçue par l'accès d'entrée à la fréquence donnée, une partie de ladite puissance reçue par l'accès d'entrée est transférée à un champ électromagnétique rayonné par l'antenne passive accordable à la fréquence donnée, si bien qu'une puissance du champ électromagnétique rayonné par l'antenne passive accordable à la fréquence donnée est égale à ladite partie de ladite puissance reçue par l'accès d'entrée. L'appareil pour communication radio permet, à ladite fréquence 25 donnée, un transfert de puissance depuis un champ électromagnétique incident sur l'antenne passive accordable jusqu'à l'accès d'entrée. De plus, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4) et l'antenne passive accordable (1) sont telles que, à ladite fréquence donnée, pour des valeurs convenables des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord et des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne, un transfert de puissance à faibles 30 pertes depuis l'accès d'entrée jusqu'à un champ électromagnétique rayonné par l'antenne passive accordable peut être obtenu (pour l'émission radio), et un transfert de puissance à faibles pertes depuis un champ électromagnétique incident sur l'antenne passive accordable jusqu'à l'accès d'entrée peut être obtenu (pour la réception radio). Ainsi, il est possible de dire que l'appareil pour communication radio permet, à ladite fréquence donnée, pour des valeurs 35 convenables des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord et des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne, un transfert de puissance à faibles pertes depuis l'accès d'entrée jusqu'à un champ électromagnétique rayonné par l'antenne passive accordable, et un transfert de puissance à faibles pertes depuis un champ électromagnétique incident sur l'antenne passive accordable jusqu'à l'accès d'entrée.

Les valeurs convenables des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord et des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne sont procurées automatiquement. Ainsi, le spécialiste comprend que toute petite variation de l'impédance vue par l'accès de sortie peut être au moins partiellement compensée par un nouveau réglage automatique de l'antenne passive accordable et des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord.

L'appareil pour communication radio est un émetteur-récepteur radio portable, si bien que l'unité d'émission et de traitement du signal (8) effectue aussi des fonctions qui n'ont pas été mentionnées plus haut, et qui sont bien connues des spécialistes. Par exemple, l'appareil pour communication radio peut être un équipement utilisateur (en anglais: "user equipment" ou "UE") d'un réseau radio LTE-advanced.

Le spécialiste comprend que  $Z_{Sant}$  dépend de la fréquence et des caractéristiques électromagnétiques du volume entourant l'antenne passive accordable. En particulier, le corps de l'utilisateur a un effet sur  $Z_{Sant}$ , et  $Z_{Sant}$  dépend de la position du corps de l'utilisateur. Ceci est appelé "interaction utilisateur" (en anglais: "user interaction"), ou "effet de main" (en anglais: "hand effect") ou "effet de doigt" (en anglais: "finger effect"). Le spécialiste comprend que l'appareil pour communication radio peut compenser automatiquement une variation de  $Z_{Sant}$  causée par une variation d'une fréquence d'opération, et/ou compenser automatiquement l'interaction utilisateur.

De façon à répondre à des variations des caractéristiques électromagnétiques du volume entourant l'antenne passive accordable et/ou de la fréquence d'opération, une nouvelle séquence de réglage débute rapidement après chaque changement de la fréquence d'opération, et pas plus tard que 10 millisecondes après le début de la séquence de réglage précédente.

#### Deuxième mode de réalisation.

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

Dans ce deuxième mode de réalisation, l'excitation comporte un signal sinusoïdal dont la fréquence est la fréquence porteuse de l'excitation. Comme expliqué plus haut, la fréquence porteuse de l'excitation peut prendre n'importe quelle valeur dans l'ensemble de valeurs possibles de la fréquence porteuse de l'excitation.

L'excitation n'étant pas modulée en amplitude, l'excitation seule ne cause pas de variation du module d'une tension complexe aux bornes de l'accès de sortie, du module d'un courant complexe sortant de l'accès de sortie, du module d'une tension incidente complexe à l'accès de sortie, d'une puissance moyenne délivrée par l'accès de sortie, etc. Le spécialiste comprend que, par conséquent :

la variable de performance peut par exemple être sensiblement la sortie d'un détecteur de crête passif fournissant une tension positive qui est une fonction croissante du module de la tension complexe aux bornes de l'accès de sortie, maximiser cette variable de performance maximisant une puissance moyenne délivrée par l'accès de sortie ;

5 la variable de performance peut par exemple être sensiblement le produit d'une constante positive et d'une moyenne du carré du courant instantané sortant de l'accès de sortie, estimée en utilisant le signal de sortie d'unité de détection, maximiser cette variable de performance maximisant une puissance moyenne délivrée par l'accès de sortie ;

10 la variable de performance peut par exemple être sensiblement le produit d'une constante négative et d'une moyenne de la valeur absolue de la tension instantanée aux bornes de l'accès de sortie, minimiser cette variable de performance maximisant une puissance moyenne délivrée par l'accès de sortie ;

15 la variable de performance peut par exemple être sensiblement le 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 de sortie, maximiser cette variable de performance maximisant une puissance moyenne délivrée par l'accès de sortie.

Le spécialiste note qu'une variable de performance possible est sensiblement l'image, par une fonction, d'un module de l'enveloppe complexe d'une variable électrique captée à l'accès de sortie, la fonction étant dérivable et strictement monotone sur l'ensemble des nombres réels positifs ou nuls. Le spécialiste note aussi que, si ledit accès de l'unité d'émission et de traitement du signal auquel est connecté l'accès d'entrée se comporte comme un accès d'un bipôle linéaire actif, alors maximiser une puissance moyenne délivrée par l'accès de sortie est équivalent à maximiser un gain composite en puissance de l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique.

25 Dans ce deuxième mode de réalisation,  $q = 2$  et les  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie déterminent complètement l'impédance vue par l'accès de sortie à la fréquence porteuse de l'excitation. Par exemple, dans le cas où les deux signaux de sortie d'unité de détection sont respectivement proportionnels à une tension aux bornes de l'accès de sortie et à un courant sortant de l'accès de sortie, et dans le cas où les deux signaux de sortie d'unité de détection sont respectivement proportionnels à une tension incidente à l'accès de sortie et à une tension réfléchi à l'accès de sortie, le spécialiste comprend comment l'unité d'émission et de traitement du signal peut traiter les signaux de sortie d'unité de détection causés par l'excitation, pour obtenir des quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie qui déterminent complètement l'impédance vue par l'accès de sortie. L'unité d'émission et de traitement du signal peut par exemple effectuer une "in-phase/quadrature (I/Q) demodulation" (réception homodyne) de ces signaux de sortie d'unité de détection, pour obtenir quatre signaux analogiques. Ces signaux analogiques peuvent alors être convertis en signaux numériques et être ensuite traités dans le domaine numérique, pour estimer la partie réelle de

$Z_{Sant}$  et la partie imaginaire de  $Z_{Sant}$ . Ainsi, les dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie peuvent consister en un nombre réel proportionnel à la partie réelle de  $Z_{Sant}$  et en un nombre réel proportionnel à la partie imaginaire de  $Z_{Sant}$ . Alternativement, les dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie peuvent consister en un nombre réel proportionnel au module de  $Z_{Sant}$  et en un nombre réel proportionnel à l'argument de  $Z_{Sant}$ .

Chacune des instructions de réglage d'unité d'accord n'a aucune influence sur la fréquence porteuse de l'excitation, et sur l'impédance vue par l'accès de sortie à la fréquence porteuse de l'excitation. Chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord initiales est déterminée en fonction d'une ou plusieurs des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, et en fonction d'une ou plusieurs quantités dépendantes de la fréquence porteuse de l'excitation. De plus, chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord initiales est déterminée seulement en fonction d'une ou plusieurs des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, et d'une ou plusieurs quantités dépendantes de la fréquence porteuse de l'excitation. Ainsi, il est clair que l'appareil pour communication radio est tel qu'une commande en boucle ouverte est utilisée pour déterminer chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord initiales.

Dans ce deuxième mode de réalisation, l'unité de contrôle est telle que, pour 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 comportent une valeur initiale déterminée en fonction des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord initiales, et seulement en fonction des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord initiales. Ainsi, il est clair que l'appareil pour communication radio est tel que, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, la valeur initiale du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord est générée en fonction d'une ou plusieurs des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, et en fonction d'une ou plusieurs quantités dépendantes de la fréquence porteuse de l'excitation, une commande en boucle ouverte étant utilisée pour générer la valeur initiale du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord.

Par conséquent, pour générer les un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, le deuxième mode de réalisation combine une structure de commande en boucle ouverte et une structure de commande en boucle fermée, utilisant des variables électriques captées à l'accès de sortie. Plus précisément, le procédé utilisé pour délivrer les un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord comporte :

- une étape 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, en fonction des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord initiales, cette étape utilisant une structure de commande en boucle ouverte, dans laquelle une ou plusieurs des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie et les dites une ou

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 ;

5 - une 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, en fonction des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord ultérieures, cette étape utilisant un algorithme de régulation par recherche d'extremum, qui utilise une structure de commande en boucle fermée.

10 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 et la vitesse du réglage automatique de l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, et pour éviter que l'algorithme par recherche d'extremum converge vers un extremum local qui n'est pas l'extremum global recherché. Cependant, dans une mesure limitée, il est possible de considérer que, selon le deuxième mode de réalisation, la haute précision du réglage automatique de l'unité d'accord 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 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 de l'unité d'accord 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 recherché (maximum ou minimum) de la variable de performance.

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

recherche d'extremum qui 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 de sortie.

### Troisième mode de réalisation.

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

10 Un signal passe-bande (en anglais : "bandpass 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  $W < 2f_c$ . Ainsi, la transformée de Fourier de  $s(t)$ , notée  $S(f)$ ,  
15 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  $k$   
20 est une constante réelle qui est choisie égale à la racine carrée de 2 par certains auteurs.

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  
25 passe-bande doit contenir toute fréquence à laquelle le spectre de  $s(t)$  n'est pas négligeable. L'enveloppe complexe du signal réel  $s(t)$  dépend clairement du choix d'une fréquence porteuse  $f_c$ . Cependant, pour une fréquence porteuse donnée, l'enveloppe complexe du signal réel  $s(t)$  est définie de façon unique, pour un choix donné de la constante réelle  $k$ .

L'excitation est produite par l'unité d'émission et de traitement du signal, à partir d'un  
30 signal modulant  $s_M(t)$ . L'excitation est un signal passe-bande  $s(t)$ , de fréquence porteuse  $f_c$ , dont l'enveloppe complexe est, pour toute valeur fixée de  $Z_U$ , sensiblement proportionnelle au signal modulant. Le spécialiste sait qu'une telle excitation peut par exemple être obtenue :

- comme résultat de la modulation en phase et/ou en amplitude d'une unique porteuse à la fréquence  $f_c$  ;
- 35 - comme une combinaison linéaire d'un premier signal et d'un second signal, le premier signal étant le produit de la partie réelle du signal modulant et d'une première porteuse sinusoïdale de fréquence  $f_c$ , le second signal étant le produit de la partie imaginaire du signal modulant et

d'une seconde porteuse sinusoïdale de fréquence  $f_C$ , la seconde porteuse sinusoïdale étant déphasée de  $90^\circ$  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.

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

$$v_{TP}(t) = Z_{Sant} i_{TP}(t) \quad (1)$$

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

Les  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie déterminent complètement l'impédance vue par l'accès de sortie. Supposons que les deux signaux de sortie d'unité de détection sont respectivement proportionnels à une tension aux bornes de l'accès de sortie et à un courant sortant de l'accès de sortie, comme expliqué plus haut. Le spécialiste  
 20 comprend comment l'unité d'émission et de traitement du signal peut traiter les signaux de sortie d'unité de détection causés par l'excitation et obtenus pendant que l'excitation est appliquée, pour obtenir des quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie qui déterminent complètement l'impédance vue par l'accès de sortie. Selon un premier exemple, l'unité d'émission et de traitement du signal peut effectuer une conversion de fréquence des  
 25 signaux de sortie d'unité de détection, suivie par une "in-phase/quadrature (I/Q) demodulation" (réception hétérodyne), pour obtenir quatre signaux analogiques, respectivement proportionnels à la partie réelle de  $v_{TP}(t)$ , à la partie imaginaire de  $v_{TP}(t)$ , à la partie réelle de  $i_{TP}(t)$ , et à la partie imaginaire de  $i_{TP}(t)$ . Ces signaux analogiques peuvent alors être convertis en signaux numériques et être ensuite traités dans le domaine numérique, en s'appuyant sur l'équation (1),  
 30 pour estimer le module de l'admittance vue par l'accès de sortie, et la phase de l'admittance vue par l'accès de sortie. Selon un deuxième exemple, l'unité d'émission et de traitement du signal peut effectuer une conversion de fréquence vers le bas (en anglais: "down-conversion") de tous les signaux de sortie d'unité de détection, suivie par une conversion en signaux numériques utilisant le procédé appelé en anglais "bandpass sampling", et par une démodulation appelée en  
 35 anglais "digital quadrature demodulation", pour obtenir quatre signaux numériques : les échantillons de la partie réelle de  $v_{TP}(t)$  ; les échantillons de la partie imaginaire de  $v_{TP}(t)$  ; les échantillons de la partie réelle de  $i_{TP}(t)$  ; et les échantillons de la partie imaginaire de  $i_{TP}(t)$ . Ces

signaux numériques peuvent alors être traités plus avant, en se basant sur l'équation (1), pour estimer le module de l'admittance vue par l'accès de sortie, et la phase de l'admittance vue par l'accès de sortie.

Si le module du signal modulant ne varie pas en fonction du temps, l'excitation n'est pas modulée en amplitude et l'excitation seule ne cause pas de variation, en fonction du temps, du module d'une tension complexe aux bornes de l'accès de sortie, du module d'un courant complexe sortant de l'accès de sortie, du module d'une tension incidente complexe à l'accès de sortie, d'une puissance moyenne délivrée par l'accès de sortie, etc. Le spécialiste comprend que, dans ce cas, chacune des variables de performances mentionnées à titre d'exemples dans le deuxième mode de réalisation peut, par exemple, être utilisée dans ce troisième mode de réalisation.

Si le module du signal modulant varie en fonction du temps, l'excitation est modulée en amplitude et l'excitation seule cause des variations, en fonction du temps, du module d'une tension complexe aux bornes de l'accès de sortie, du module d'un courant complexe sortant de l'accès de sortie, du module d'une tension incidente complexe à l'accès de sortie, d'une puissance moyenne délivrée par l'accès de sortie, etc. Dans ce cas, aucune des variables de performances mentionnées à titre d'exemples dans le deuxième mode de réalisation n'est appropriée. Cependant, le spécialiste comprend que l'excitation ne cause pas de variation, en fonction du temps, d'une variable de performance qui est inversement proportionnelle à une fonction convenable du module du signal modulant. Ainsi, le spécialiste comprend que, dans le cas où le module du signal modulant varie en fonction du temps mais ne s'annule jamais (et aussi dans le cas où le module du signal modulant ne varie pas en fonction du temps) :

la variable de performance peut par exemple (exemple A) être sensiblement le produit d'une constante positive, d'une moyenne du carré du courant instantané sortant de l'accès de sortie, et de l'inverse du carré du module du signal modulant, maximiser cette variable de performance maximisant une puissance moyenne délivrée par l'accès de sortie ;

la variable de performance peut par exemple (exemple B) être sensiblement le produit d'une constante négative, d'une moyenne de la valeur absolue de la tension instantanée aux bornes de l'accès de sortie, et de l'inverse du module du signal modulant, minimiser cette variable de performance maximisant une puissance moyenne délivrée par l'accès de sortie ;

la variable de performance peut par exemple (exemple C) être sensiblement le produit d'une constante positive, de la sortie d'un premier filtre passe-bas recevant à son entrée le carré d'une tension incidente instantanée aux bornes de l'accès de sortie, et de l'inverse de la sortie d'un deuxième filtre passe-bas recevant à son entrée le carré du module du signal modulant.

Le spécialiste comprend qu'il est par exemple possible, dans le cas de l'exemple A, d'obtenir facilement un signal analogique sensiblement égal au produit d'une constante positive

et d'une moyenne du carré du courant instantané sortant de l'accès de sortie, de convertir ce signal analogique en un signal numérique, et d'obtenir que l'unité d'émission et de traitement du signal calcule un rapport entre ce signal numérique et le carré du module du signal modulant, pour obtenir la variable de performance. Le spécialiste comprend qu'il est par exemple possible, dans le cas de l'exemple B, d'obtenir facilement un signal analogique sensiblement égal au produit d'une constante négative et d'une moyenne de la valeur absolue de la tension instantanée aux bornes de l'accès de sortie, de convertir ce signal analogique en un signal numérique, et d'obtenir que l'unité d'émission et de traitement du signal calcule un rapport entre ce signal numérique et le module du signal modulant, pour obtenir la variable de performance. Le spécialiste comprend qu'il est par exemple possible, dans le cas de l'exemple C, d'obtenir facilement un signal analogique sensiblement égal au produit d'une constante positive et de la sortie d'un filtre passe-bas analogique recevant à son entrée le carré d'une tension incidente instantanée aux bornes de l'accès de sortie, de convertir ce signal analogique en un signal numérique, et d'obtenir que l'unité d'émission et de traitement du signal calcule un rapport entre ce signal numérique et la sortie d'un filtre passe-bas numérique recevant à son entrée le carré du module du signal modulant, pour obtenir la variable de performance.

Une variable de performance qui peut être utilisée dans le cas où le module du signal modulant varie en fonction du temps (et aussi dans le cas où le module du signal modulant ne varie pas en fonction du temps) peut être telle que, si le module du signal modulant n'est pas sensiblement nul, alors la variable de performance est sensiblement égale au rapport entre l'image, par une fonction, d'un module d'une enveloppe complexe d'une variable électrique captée à l'accès de sortie, et l'image, par la fonction, d'un module du signal modulant, la fonction étant dérivable et strictement monotone sur l'ensemble des nombres réels positifs. Ladite variable électrique captée à l'accès de sortie peut par exemple être une tension aux bornes de l'accès de sortie, ou un courant sortant de l'accès de sortie, ou une tension incidente à l'accès de sortie, etc. Notons  $f$  ladite fonction. Le spécialiste comprend que nous pouvons supposer que ledit module d'une enveloppe complexe d'une variable électrique captée à l'accès de sortie est, pour des valeurs données des signaux de contrôle d'accord et une valeur donnée de  $Z_{Sant}$ , sensiblement le produit d'une constante réelle  $\lambda$  et du module du signal modulant. Le spécialiste comprend que, pour obtenir que des variations du module du signal modulant n'aient pas d'effet sur la variable de performance, il est nécessaire et suffisant que, pour tout  $\lambda$  positif, le rapport  $f(\lambda |s_M(t)|)/f(|s_M(t)|)$  soit indépendant de  $|s_M(t)|$ . La fonction  $f$  doit donc être telle que, pour tout nombre positif  $\lambda$  et tout nombre positif  $x$ , nous ayons

$$\frac{f(\lambda x)}{f(x)} = \frac{f(\lambda)}{f(1)} \quad (2)$$

35 si bien que

$$f(\lambda x) = \frac{f(x)f(\lambda)}{f(1)} \quad (3)$$

En utilisant une dérivation partielle de l'équation (3) par rapport à la variable  $x$  puis une dérivation partielle de l'équation (3) par rapport à la variable  $\lambda$ , et en écrivant ensuite  $\lambda = 1$ , nous obtenons l'équation différentielle

$$\frac{f'(x)}{f(x)} = \frac{1}{x} \frac{f'(1)}{f(1)} \quad (4)$$

5 dans laquelle  $f'$  est la dérivée de  $f$ . L'équation différentielle (4) n'est pas une équation différentielle linéaire. Les solutions de l'équation différentielle (4) sont les fonctions données par

$$f(x) = K x^k \quad (5)$$

où  $k$  et  $K$  sont des constantes réelles,  $K$  étant non nulle. Inversement, nous voyons que toutes les  
10 fonctions données par l'équation (5) satisfont l'équation (2), et sont strictement monotones pour  $k$  non nulle. Ainsi, nous avons montré que la fonction  $f$  est telle que l'image d'une variable positive par la fonction  $f$  est égale au produit d'une constante réelle non nulle et de la variable élevée à une puissance réelle non nulle et constante. Il est possible de considérer que ledit exemple A correspond à  $k = 2$  et  $K > 0$ , et que ledit exemple B correspond à  $k = 1$  et  $K < 0$ .

15 Plus généralement, nous voyons que, si l'excitation est produite par l'unité d'émission et de traitement du signal à partir d'un signal modulant, la variable de performance peut être estimée en fonction d'un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection et en fonction du signal modulant. En particulier, la variable de performance peut être telle que, si le module du signal modulant n'est pas sensiblement nul, alors la variable de performance est  
20 inversement proportionnelle à l'image d'un module du signal modulant par une fonction dérivable et strictement monotone sur l'ensemble des nombres réels positifs. Cette caractéristique est avantageuse parce que, comme montré ci-dessus, elle peut être telle que des variations du module du signal modulant n'ont pas d'effet sur la variable de performance.

#### Quatrième mode de réalisation.

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

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

un traitement “commencer à appliquer l’excitation” (83), dans lequel l’unité d’émission et de traitement du signal commence à appliquer l’excitation à l’accès d’entrée, si bien que l’unité de détection devient capable de délivrer les signaux de sortie d’unité de détection déterminés chacun par une variable électrique captée à l’accès de sortie pendant qu’une excitation est appliquée à l’accès d’entrée, ladite excitation ayant une fréquence porteuse qui est égale à la fréquence sélectionnée ;

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

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

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

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

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

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

Pour obtenir que, à la fin du traitement “délivrer des signaux de contrôle d’antenne à l’antenne passive accordable” (82), l’impédance vue par l’accès de sortie soit voisine de l’impédance spécifiée, l’unité d’émission et de traitement du signal utilise un algorithme pour déterminer et délivrer les une ou plusieurs instructions de réglage d’antenne. L’algorithme est

5 basé sur la fréquence sélectionnée et sur certaines propriétés de l’antenne passive accordable. Par exemple, l’algorithme peut être basé sur une formule permettant d’estimer l’impédance vue par l’accès de sortie  $Z_{Sant}$  dans une configuration d’utilisation supposée, en fonction de la fréquence sélectionnée et de chaque dit au moins un paramètre de chaque dit au moins un

10 dispositif de contrôle d’antenne de l’antenne passive accordable, la formule pouvant être utilisée pour calculer, pour la configuration d’utilisation supposée, une valeur optimale de chaque dit au moins un paramètre de chaque dit au moins un dispositif de contrôle d’antenne de l’antenne passive accordable, à la fréquence sélectionnée. Par exemple l’algorithme peut être basé sur une ou plusieurs formules permettant d’estimer, dans une configuration d’utilisation supposée, une

15 valeur optimale de chaque dit au moins un paramètre de chaque dit au moins un dispositif de contrôle d’antenne de l’antenne passive accordable, en fonction de la fréquence sélectionnée. Le spécialiste sait comment écrire un tel algorithme, et il comprend qu’un tel algorithme ne peut pas prendre en compte les variations de  $Z_{Sant}$  causées par des variations des caractéristiques électromagnétiques du volume entourant l’antenne passive accordable. De plus, comme dit plus

20 haut dans la section sur l’état de la technique antérieure, une antenne passive accordable ne procure souvent qu’une médiocre faculté d’accord. Par conséquent, à la fin du traitement “délivrer des signaux de contrôle d’antenne à l’antenne passive accordable” (82), l’impédance vue par l’accès de sortie n’est typiquement que très grossièrement voisine de l’impédance spécifiée.

Nous avons représenté sur la figure 5 l’unité d’accord à accès d’entrée unique et accès de

25 sortie unique (4) utilisée dans ce quatrième mode de réalisation. Cette unité d’accord à accès d’entrée unique et accès de sortie unique comporte :

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

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

5 Le spécialiste comprend que l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique est telle que, si l'impédance vue par l'accès de sortie est égale à une impédance donnée, alors la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord a une influence sur une impédance présentée par l'accès d'entrée. De plus, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique a une faculté d'accord  
10 complète (en anglais, "a full tuning capability"), dont la définition est donnée dans la section III de l'article de F. Broydé et E. 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. Ainsi, le spécialiste comprend que toute petite variation de l'impédance vue par l'accès de sortie peut être totalement  
15 compensée par un nouveau réglage automatique des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord ; et que l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique peut être telle qu'elle procure, à ladite fréquence donnée, pour des valeurs convenables des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, un transfert de puissance à faibles pertes depuis l'accès d'entrée jusqu'à l'accès de sortie, et un transfert de puissance à faibles pertes  
20 depuis l'accès de sortie jusqu'à l'accès d'entrée.

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

25 Un algorithme du traitement "délivrer des signaux de contrôle d'accord à l'unité d'accord" (84) est représenté sur la figure 6. En plus du symbole de début (841) et du symbole de fin (844), ledit algorithme comporte :

un traitement "générer des valeurs initiales des signaux de contrôle d'accord" (842), dans lequel l'unité d'émission et de traitement du signal délivre une instruction de réglage  
30 d'unité d'accord initiale, et dans lequel, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, l'unité de contrôle génère une valeur du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, ladite valeur étant appelée valeur initiale, ladite valeur initiale étant déterminée en fonction de l'instruction de réglage d'unité d'accord initiale, et seulement en fonction de l'instruction de réglage d'unité d'accord  
35 initiale ;

un traitement "générer des valeurs ultérieures des signaux de contrôle d'accord" (843), dans lequel l'unité d'émission et de traitement du signal délivre des instructions de réglage d'unité d'accord ultérieures, et dans lequel, pour chacun des un ou plusieurs signaux

de contrôle d'accord et pour chacune des instructions de réglage d'unité d'accord ultérieures, l'unité de contrôle génère une valeur du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, ladite valeur étant appelée valeur ultérieure, ladite valeur ultérieure étant déterminée en fonction de ladite chacune des instructions de réglage d'unité d'accord ultérieures, et seulement en fonction de ladite chacune des instructions de réglage d'unité d'accord ultérieures.

Le traitement "générer des valeurs initiales des signaux de contrôle d'accord" (842) a une structure de commande en boucle ouverte, dans laquelle au moins deux des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, et une quantité dépendante 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. Dans ce traitement, les au moins deux des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie déterminent complètement l'impédance vue par l'accès de sortie, à la fréquence porteuse de l'excitation, après la fin du traitement "délivrer des signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable" (82). Dans ce traitement, la quantité dépendante de la fréquence porteuse de l'excitation est la fréquence sélectionnée (qui, comme dit plus haut, est égale à la fréquence porteuse de l'excitation).

Selon un premier exemple du traitement "générer des valeurs initiales des signaux de contrôle d'accord" (842), ladite instruction de réglage d'unité d'accord initiale est déterminée en se basant sur un modèle de l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, ce modèle prenant en compte les influences de la fréquence porteuse de l'excitation, des au moins deux des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, et d'une instruction de réglage d'unité d'accord initiale, sur un gain composite en puissance de l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique. Le spécialiste comprend que ce modèle peut par exemple comporter : pour chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord, une table de consultation (en anglais : "lookup table" ou "look-up table") sur les caractéristiques du dit chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord ; et une ou plusieurs formules pour calculer le gain composite en puissance. L'unité d'émission et de traitement du signal estime les au moins deux des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, et utilise un algorithme pour déterminer l'instruction de réglage d'unité d'accord initiale, l'instruction de réglage d'unité d'accord initiale étant telle qu'une valeur prédite du gain composite en puissance de l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, déterminée en se basant sur le modèle, soit aussi grande que possible, à la fréquence porteuse de l'excitation. Ce traitement n'exige pas de calcul difficile. Ce traitement procure rapidement l'instruction de réglage d'unité d'accord initiale, qui est telle qu'un gain composite en puissance obtenu n'est pas très éloigné d'un gain composite en puissance maximum réalisable avec l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique à la fréquence porteuse de l'excitation, parce que les au moins

deux des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie déterminent complètement l'impédance vue par l'accès de sortie, à la fréquence porteuse de l'excitation, après la fin du traitement "délivrer des signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable" (82).

5 Selon un second exemple du traitement "générer des valeurs initiales des signaux de contrôle d'accord" (842), une impédance recherchée est définie, et ladite instruction de réglage d'unité d'accord initiale est déterminée en se basant sur un modèle de l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, ce modèle prenant en compte les influences de la fréquence porteuse de l'excitation, des au moins deux des dites  $q$  quantités réelles dépendantes

10 d'une impédance vue par l'accès de sortie, et d'une instruction de réglage d'unité d'accord initiale, sur l'impédance présentée par l'accès d'entrée  $Z_U$ . Le spécialiste comprend que ce modèle peut par exemple comporter : pour chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord, une table de consultation sur les caractéristiques du dit chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord ; et une ou plusieurs

15 formules pour calculer l'impédance présentée par l'accès d'entrée. L'unité d'émission et de traitement du signal estime les au moins deux des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, et utilise un algorithme pour déterminer l'instruction de réglage d'unité d'accord initiale, l'instruction de réglage d'unité d'accord initiale étant telle qu'une valeur prédite du module de la différence entre l'impédance présentée par l'accès

20 d'entrée et l'impédance recherchée, déterminée en se basant sur le modèle, soit aussi petite que possible, à la fréquence porteuse de l'excitation. Un premier algorithme possible peut par exemple utiliser les formules montrées dans la section VI du dit article de F. Broydé et E. Clavelier intitulé "Some Properties of Multiple-Antenna-Port and Multiple-User-Port Antenna Tuners". Ce premier algorithme possible ne prend pas en compte les pertes dans l'unité d'accord

25 à accès d'entrée unique et accès de sortie unique. Un deuxième algorithme possible peut par exemple utiliser la technique de calcul itérative présentée dans la section 4 ou dans l'appendice C de l'article de F. Broydé et E. Clavelier intitulé "A Tuning Computation Technique for a Multiple-Antenna-Port and Multiple-User-Port Antenna Tuner", publié dans *International Journal of Antennas and Propagation*, en 2016. Ce deuxième algorithme possible est plus précis

30 que le premier algorithme possible, parce qu'il prend en compte les pertes dans l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique. Le spécialiste sait comment écrire un tel algorithme. Ce traitement n'exige pas de calcul difficile. Ce traitement procure rapidement l'instruction de réglage d'unité d'accord initiale, qui est telle que, à la fréquence porteuse de l'excitation, l'impédance présentée par l'accès d'entrée n'est pas très éloignée de l'impédance

35 recherchée, parce que les au moins deux des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie déterminent complètement l'impédance vue par l'accès de sortie, à la fréquence porteuse de l'excitation, après la fin du traitement "délivrer des signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable" (82).

Malheureusement, le traitement “générer des valeurs initiales des signaux de contrôle d'accord” (842) ne peut pas être très précis, puisqu'il ne prend pas en compte les effets des tolérances des composants, du vieillissement des composants, et des températures des composants, sur les caractéristiques de l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique.

Le traitement “générer des valeurs ultérieures des signaux de contrôle d'accord” (843) est utilisé pour sensiblement maximiser une puissance moyenne délivrée par l'accès de sortie, 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. Par exemple, cet algorithme de régulation par recherche d'extremum peut avoir les caractéristiques exposées ci-dessous dans le quatorzième mode de réalisation, ou dans le quinzième mode de réalisation, ou dans le seizième mode de réalisation, ou dans le dix-septième mode de réalisation, ou dans le dix-huitième mode de réalisation. Ce traitement procure rapidement une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord ultérieures telles que cette puissance moyenne délivrée par l'accès de sortie a une valeur très proche d'une valeur maximale, parce que ce traitement est démarré pas très loin de cette valeur maximale, grâce à un traitement “générer des valeurs initiales des signaux de contrôle d'accord” (842) prenant en compte le résultat du traitement “délivrer des signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable” (82). Dans la phrase précédente, “valeur maximale” signifie la plus grande valeur, de ladite puissance moyenne, qui peut être obtenue en réglant seulement l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique.

Contrairement au traitement “générer des valeurs initiales des signaux de contrôle d'accord” (842), le traitement “générer des valeurs ultérieures des signaux de contrôle d'accord” (843) n'est pas basé sur un modèle, et il utilise une structure de commande en boucle fermée.

Le traitement “générer des valeurs initiales des signaux de contrôle d'accord” (842) et le traitement “générer des valeurs ultérieures des signaux de contrôle d'accord” (843) sont tels que le réglage de l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique est toujours optimal ou presque optimal, en dépit des pertes dans l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique.

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

### Cinquième mode de réalisation.

Le cinquième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également à l'appareil pour communication radio représenté sur la figure 3, et toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation sont applicables à ce cinquième mode de réalisation. Un algorithme d'une des une ou plusieurs séquences de réglage utilisées dans ce cinquième mode de réalisation est représenté sur la figure 7. Avant le début de ladite une des une ou plusieurs séquences de réglage, une "fréquence sélectionnée" a été choisie par l'unité d'émission et de traitement du signal dans l'ensemble de valeurs possibles de la fréquence porteuse de l'excitation. En plus du symbole de début (81) et du symbole de fin (86), ledit algorithme comporte :

- un traitement "commencer à appliquer l'excitation" (83), dans lequel l'unité d'émission et de traitement du signal commence à appliquer l'excitation à l'accès d'entrée, si bien que l'unité de détection devient capable de délivrer les signaux de sortie d'unité de détection déterminés chacun par une variable électrique captée à l'accès de sortie pendant qu'une excitation est appliquée à l'accès d'entrée, ladite excitation ayant une fréquence porteuse qui est égale à la fréquence sélectionnée ;
- un traitement "délivrer des signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable" (82), dans lequel l'unité d'émission et de traitement du signal délivre une ou plusieurs des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne, et dans lequel l'unité de contrôle délivre les dits un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable, chacune des dites une ou plusieurs des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne étant déterminée en fonction d'une ou plusieurs des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie ;
- un traitement "délivrer des signaux de contrôle d'accord à l'unité d'accord" (84), dans lequel l'unité d'émission et de traitement du signal délivre une ou plusieurs des instructions de réglage d'unité d'accord, et dans lequel l'unité de contrôle délivre les dits un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord à l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique ; et
- un traitement "arrêter d'appliquer l'excitation" (85), dans lequel l'unité d'émission et de traitement du signal cesse d'appliquer l'excitation à l'accès d'entrée.

Chacune des dites une ou plusieurs des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne étant déterminée en fonction d'une ou plusieurs des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, les un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne sont délivrés en fonction d'une ou plusieurs des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie.

L'antenne passive accordable est telle que chaque dit au moins un paramètre de chaque dit au moins un dispositif de contrôle d'antenne de l'antenne passive accordable a un effet sur l'impédance vue par l'accès de sortie, notée  $Z_{Sant}$ . Puisque chacun des dits paramètres est

principalement déterminé par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne, les un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne ont un effet sur  $Z_{Sant}$ . Ainsi, le traitement "délivrer des signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable" (82) utilise une structure de commande en boucle fermée, parce qu'une ou plusieurs des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie sont utilisées pour obtenir les un ou plusieurs instructions de réglage d'antenne, et ensuite les un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne. Ainsi, il est clair qu'une commande en boucle fermée est utilisée pour obtenir chacune des un ou plusieurs instructions de réglage d'antenne, et qu'une commande en boucle fermée est utilisée pour obtenir chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne.

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

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

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

20 Pour obtenir que, à la fin du traitement "délivrer des signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable" (82), l'impédance vue par l'accès de sortie soit voisine de l'impédance spécifiée, l'unité d'émission et de traitement du signal estime les  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, et utilise un algorithme pour déterminer et délivrer les un ou plusieurs instructions de réglage d'antenne. L'algorithme utilise les  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie. Par exemple, en supposant que les dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie sont suffisantes pour pouvoir calculer  $Z_{Sant}$ , l'algorithme peut être un algorithme de régulation par recherche d'extremum cherchant à minimiser une variable de performance en contrôlant les dits un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne, la variable de performance étant une valeur absolue de la différence entre  $Z_{Sant}$  et l'impédance spécifiée. Par exemple, l'algorithme peut utiliser la fréquence sélectionnée et les  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie. Par exemple, en supposant que les dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie sont suffisantes pour pouvoir calculer  $Z_{Sant}$ , l'algorithme peut être basé sur une ou plusieurs formules permettant d'estimer une valeur optimale de chaque dit au moins un paramètre de chaque dit au moins un dispositif de contrôle d'antenne de l'antenne passive accordable, en fonction de la fréquence sélectionnée, des un ou plusieurs instructions de réglage d'antenne qui étaient appliquées pendant que l'unité de détection délivrait les signaux de sortie d'unité de détection utilisés pour estimer les  $q$  quantités

réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, et de  $Z_{Sant}$ . Le spécialiste sait comment écrire un tel algorithme. Le spécialiste comprend que de tels algorithmes prennent en compte les variations de  $Z_{Sant}$  causées par des variations des caractéristiques électromagnétiques du volume entourant l'antenne passive accordable. Par conséquent, la précision obtenue peut être meilleure que dans le traitement correspondant du quatrième mode de réalisation. Cependant, comme dit plus haut dans la section sur l'état de la technique antérieure, une antenne passive accordable ne procure souvent qu'une médiocre faculté d'accord. Par conséquent, à la fin du traitement "délivrer des signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable" (82), l'impédance vue par l'accès de sortie n'est typiquement que grossièrement voisine de l'impédance spécifiée.

#### Sixième mode de réalisation.

Le sixième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également à l'appareil pour communication radio représenté sur la figure 3, et toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation sont applicables à ce sixième mode de réalisation. Dans ce sixième mode de réalisation, l'excitation est appliquée continûment, si bien que l'unité de détection peut continûment délivrer des signaux de sortie d'unité de détection déterminés chacun par une variable électrique captée à l'accès de sortie pendant qu'une excitation est appliquée à l'accès d'entrée. Un algorithme d'une des une ou plusieurs séquences de réglage utilisées dans ce sixième mode de réalisation est représenté sur la figure 8. Avant le début de ladite une des une ou plusieurs séquences de réglage, une "fréquence sélectionnée" a été choisie par l'unité d'émission et de traitement du signal, parmi les éléments de l'ensemble de valeurs possibles de la fréquence porteuse de l'excitation. Ladite excitation a, pendant ladite une des une ou plusieurs séquences de réglage, une fréquence porteuse qui est égale à la fréquence sélectionnée. En plus du symbole de début (81) et du symbole de fin (86), ledit algorithme comporte :

- un traitement "délivrer des signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable" (82), dans lequel l'unité d'émission et de traitement du signal délivre une ou plusieurs des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne, et dans lequel l'unité de contrôle délivre les dits un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable, chacune des dites une ou plusieurs des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne étant déterminée en fonction de la fréquence sélectionnée ; et
- un traitement "délivrer des signaux de contrôle d'accord à l'unité d'accord" (84), dans lequel l'unité d'émission et de traitement du signal délivre une ou plusieurs des instructions de réglage d'unité d'accord, et dans lequel l'unité de contrôle délivre les dits un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord à l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique.

La fréquence sélectionnée peut prendre n'importe quelle valeur dans l'ensemble de valeurs possibles de la fréquence porteuse de l'excitation. Chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne et chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne étant déterminés sans utiliser de mesure d'une grandeur commandée, il est clair qu'une commande en boucle ouverte est utilisée pour obtenir chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne et chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne.

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

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

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

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

Nous avons représenté sur la figure 9 l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4) utilisée dans ce sixième mode de réalisation. Cette unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comporte :

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

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

un des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (406), présentant une réactance positive, ayant une première borne connectée à une borne de l'accès d'entrée, et ayant une seconde borne connectée à une borne de l'accès de sortie ;

un des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (407), présentant une réactance négative et connecté en parallèle avec l'accès de sortie ; et un des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (408), présentant une réactance négative et connecté en parallèle avec l'accès d'entrée.

5 Tous les un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (406) (407) (408) sont réglables par moyen électrique, mais les circuits et les liaisons de contrôle nécessaires pour déterminer la réactance de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord ne sont pas montrés sur la figure 9. Dans ce sixième mode de réalisation, nous utilisons  $p = 3$  dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord.

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

Un algorithme du traitement "délivrer des signaux de contrôle d'accord à l'unité d'accord" (84) est représenté sur la figure 6. En plus du symbole de début (841) et du symbole de fin (844), ledit algorithme comporte :

un traitement "générer des valeurs initiales des signaux de contrôle d'accord" (842), dans  
20 lequel l'unité d'émission et de traitement du signal délivre des instructions de réglage d'unité d'accord initiales, et dans lequel, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, l'unité de contrôle génère une valeur du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, ladite valeur étant appelée valeur initiale, ladite valeur initiale étant déterminée en fonction d'une ou plusieurs des instructions  
25 de réglage d'unité d'accord initiales, et seulement en fonction d'une ou plusieurs des instructions de réglage d'unité d'accord initiales ;

un traitement "générer des valeurs ultérieures des signaux de contrôle d'accord" (843), dans  
lequel l'unité d'émission et de traitement du signal délivre des instructions de réglage d'unité d'accord ultérieures, et dans lequel, pour chacun des un ou plusieurs signaux  
30 de contrôle d'accord, l'unité de contrôle génère des valeurs du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, les dites valeurs étant appelées valeurs ultérieures, chacune des dites valeurs ultérieures étant déterminée en fonction d'une ou plusieurs des instructions de réglage d'unité d'accord ultérieures.

Les signaux de contrôle d'accord n'ont aucun effet sur l'impédance vue par l'accès de  
35 sortie, et donc sur les dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie. Le traitement "générer des valeurs initiales des signaux de contrôle d'accord" (842) n'utilisant pas de mesure d'une grandeur commandée, il est clair qu'il a une structure de commande en boucle ouverte, dans laquelle une quantité dépendante de la fréquence porteuse

de l'excitation et au moins deux des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie sont utilisées pour obtenir, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, une valeur initiale. Dans ce traitement, la quantité dépendante de la fréquence porteuse de l'excitation est un nombre proportionnel à la fréquence sélectionnée. Le traitement

5 "générer des valeurs initiales des signaux de contrôle d'accord" (842) utilise une table de consultation pour déterminer les instructions de réglage d'unité d'accord initiales, en se basant sur la fréquence sélectionnée et sur les  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie. Le spécialiste comprend comment construire et utiliser la table de consultation.

Selon un premier exemple du traitement "générer des valeurs initiales des signaux de

10 contrôle d'accord" (842), 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 avec un prototype de l'appareil pour communication radio, à différentes fréquences, et pour différentes configurations produisant différentes valeurs de l'impédance vue par l'accès de sortie, des instructions de réglage d'unité d'accord initiales produisant les valeurs les plus

15 grandes possibles d'un gain composite en puissance de l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique. Ce traitement n'exige pas de calcul difficile, et il procure rapidement des instructions de réglage d'unité d'accord initiales, qui sont telles qu'un gain composite en puissance obtenu n'est pas très éloigné d'un gain composite en puissance maximum réalisable avec l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique à la fréquence porteuse

20 de l'excitation, parce que les au moins deux des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie déterminent complètement l'impédance vue par l'accès de sortie, à la fréquence porteuse de l'excitation, après la fin du traitement "délivrer des signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable" (82).

Selon un second exemple du traitement "générer des valeurs initiales des signaux de

25 contrôle d'accord" (842), 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 avec un prototype de l'appareil pour communication radio, à différentes fréquences, et pour différentes configurations produisant différentes valeurs de l'impédance vue par l'accès de sortie, des instructions de réglage d'unité d'accord initiales produisant les valeurs les plus

30 petites possibles d'un module de la différence entre l'impédance présentée par l'accès d'entrée et une impédance recherchée. Ce traitement n'exige pas de calcul difficile, et il procure rapidement des instructions de réglage d'unité d'accord initiales qui sont telles que, à la fréquence porteuse de l'excitation, l'impédance présentée par l'accès d'entrée n'est pas très éloignée de l'impédance recherchée, parce que les au moins deux des dites  $q$  quantités réelles

35 dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie déterminent complètement l'impédance vue par l'accès de sortie, à la fréquence porteuse de l'excitation, après la fin du traitement "délivrer des signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable" (82).

Malheureusement, le traitement “générer des valeurs initiales des signaux de contrôle d'accord” (842) ne peut pas être très précis, pour les raisons déjà exposées ci-dessus dans le quatrième mode de réalisation.

Le traitement “générer des valeurs ultérieures des signaux de contrôle d'accord” (843) est utilisé pour sensiblement maximiser une puissance moyenne délivrée par l'accès de sortie, à la fréquence porteuse de l'excitation. Ce traitement est précis parce qu'il utilise un algorithme de régulation par recherche d'extremum. Ce traitement procure rapidement une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord ultérieures telles que cette puissance moyenne délivrée par l'accès de sortie a une valeur très proche d'une valeur maximale, parce que ce traitement est démarré pas très loin de cette valeur maximale, grâce au traitement “générer des valeurs initiales des signaux de contrôle d'accord” (842) prenant en compte le résultat du traitement “délivrer des signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable” (82). Dans la phrase précédente, “valeur maximale” signifie la plus grande valeur, de ladite puissance moyenne, qui peut être obtenue en réglant seulement l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique.

Puisqu'il utilise des caractéristiques supposées de l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, le traitement “générer des valeurs initiales des signaux de contrôle d'accord” (842) est basé sur un modèle. Au contraire, le traitement “générer des valeurs ultérieures des signaux de contrôle d'accord” (843) n'est pas basé sur un modèle, et il utilise une structure de commande en boucle fermée.

Le traitement “générer des valeurs initiales des signaux de contrôle d'accord” (842) et le traitement “générer des valeurs ultérieures des signaux de contrôle d'accord” (843) sont tels que le réglage de l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique est toujours optimal ou presque optimal, en dépit des pertes dans l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique.

Par conséquent, ce mode de réalisation est une solution au problème de régler automatiquement une antenne passive accordable couplée à un émetteur radio, d'une façon qui procure : une bonne faculté d'accord, en utilisant une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique ; et un réglage de l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique qui est proche d'un accord optimal, lorsque ses pertes ne sont pas très faibles. De plus, ce mode de réalisation procure une plage d'accord beaucoup plus large qu'un système d'accord automatique qui comporterait l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique montrée sur la figure 9, mais aucune antenne passive accordable.

#### Septième mode de réalisation.

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

à ce septième mode de réalisation. Dans ce septième mode de réalisation, l'excitation est appliquée continûment, si bien que l'unité de détection peut continûment délivrer des signaux de sortie d'unité de détection déterminés chacun par une variable électrique captée à l'accès de sortie pendant qu'une excitation est appliquée à l'accès d'entrée. Un algorithme d'une des  
 5 une ou plusieurs séquences de réglage utilisées dans ce septième mode de réalisation est représenté sur la figure 8. Avant le début de ladite une des une ou plusieurs séquences de réglage, une "fréquence sélectionnée" a été choisie par l'unité d'émission et de traitement du signal, parmi les éléments de l'ensemble de valeurs possibles de la fréquence porteuse de l'excitation. Ladite excitation a, pendant ladite une des une ou plusieurs séquences de réglage,  
 10 une fréquence porteuse qui est égale à la fréquence sélectionnée. En plus du symbole de début (81) et du symbole de fin (86), ledit algorithme comporte :

un traitement "délivrer des signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable" (82), dans lequel l'unité d'émission et de traitement du signal délivre une ou plusieurs des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne, et dans lequel l'unité de  
 15 contrôle délivre les dits un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable, chacune des dites une ou plusieurs des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne étant déterminée en fonction d'une ou plusieurs des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie ; et  
 un traitement "délivrer des signaux de contrôle d'accord à l'unité d'accord" (84), dans  
 20 lequel l'unité d'émission et de traitement du signal délivre une ou plusieurs des instructions de réglage d'unité d'accord, et dans lequel l'unité de contrôle délivre les dits un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord à l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique.

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

à la fin du traitement "délivrer des signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable" (82), l'impédance vue par l'accès de sortie est voisine d'une impédance spécifiée, qui peut dépendre de la fréquence ;  
 chaque dit au moins un paramètre de chaque dit au moins un dispositif de contrôle  
 30 d'antenne de l'antenne passive accordable a une valeur qui ne change pas depuis la fin du traitement "délivrer des signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable" (82) jusqu'au début d'une séquence de réglage qui suit la fin de ladite une des une ou plusieurs séquences de réglage.

Pour obtenir que, à la fin du traitement "délivrer des signaux de contrôle d'antenne à  
 35 l'antenne passive accordable" (82), l'impédance vue par l'accès de sortie soit voisine de l'impédance spécifiée, l'unité d'émission et de traitement du signal estime les  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, et utilise une table de consultation pour déterminer et délivrer les une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne, en se basant sur la fréquence sélectionnée et sur les  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par

l'accès de sortie, en prenant en compte les une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne qui étaient appliquées pendant que l'unité de détection délivrait les signaux de sortie d'unité de détection utilisés pour estimer les  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie. Le spécialiste comprend comment construire et utiliser une telle table de consultation. La table de consultation est telle que les réglages de l'antenne passive accordable sont toujours optimaux ou presque optimaux. Le spécialiste comprend qu'une telle table de consultation prend en compte les variations de  $Z_{Sant}$  causées par des variations des caractéristiques électromagnétiques du volume entourant l'antenne passive accordable. Par conséquent, la précision obtenue peut être meilleure que dans le traitement correspondant du sixième mode de réalisation. Cependant, comme dit plus haut dans la section sur l'état de la technique antérieure, une antenne passive accordable ne procure souvent qu'une médiocre faculté d'accord. Par conséquent, à la fin du traitement "délivrer des signaux de contrôle d'antenne à l'antenne passive accordable" (82), l'impédance vue par l'accès de sortie n'est typiquement que grossièrement voisine de l'impédance spécifiée.

#### 15 Huitième mode de réalisation.

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

20 L'antenne passive accordable (1) utilisée dans ce huitième mode de réalisation est montrée sur la figure 10. L'antenne passive accordable montrée sur la figure 10 comporte une structure métallique plane (111) réalisée au-dessus d'un plan de masse (115), l'accès signal de l'antenne passive accordable (116) où une liaison d'antenne asymétrique est connectée à la structure métallique, et un dispositif de contrôle d'antenne (112). La structure métallique est fendue et telle que, si le dispositif de contrôle d'antenne n'était pas présent, l'antenne passive accordable serait un exemple de l'antenne appelée en anglais "planar inverted-F antenna" ou "PIFA". Le dispositif de contrôle d'antenne est un interrupteur micro-électromécanique comportant une première borne (113) connectée à la structure métallique (111) en un premier côté de la fente, et une seconde borne (114) connectée à la structure métallique (111) en un second côté de la fente. Le spécialiste comprend que la self-impédance de l'antenne passive accordable, dans une configuration d'essai donnée et à la fréquence donnée, est une caractéristique de l'antenne passive accordable que l'on peut faire varier en utilisant ledit dispositif de contrôle d'antenne, si bien que cette caractéristique est contrôlée en utilisant ledit dispositif de contrôle d'antenne. L'état de l'interrupteur micro-électromécanique (ouvert ou fermé) est un paramètre du dispositif de contrôle d'antenne qui a une influence sur ladite caractéristique. Ce paramètre du dispositif de contrôle d'antenne est réglable par moyen électrique, mais les circuits et les liaisons de contrôle nécessaires pour déterminer l'état du dispositif de contrôle d'antenne ne sont pas montrés sur la figure 10.

### Neuvième mode de réalisation.

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

L'antenne passive accordable (1) utilisée dans ce neuvième mode de réalisation est montrée sur la figure 11. L'antenne passive accordable montrée sur la figure 11 comporte une structure métallique plane (111) réalisée au-dessus d'un plan de masse (115), l'accès signal de l'antenne passive accordable (116) où une liaison d'antenne asymétrique est connectée à une bande métallique (117) située entre le plan de masse et la structure métallique, et trois dispositifs de contrôle d'antenne (112). Chacun des dispositifs de contrôle d'antenne est un dispositif à impédance réglable ayant une réactance à la fréquence donnée, comportant une première borne (113) connectée à la structure métallique (111), et une seconde borne (114) connectée au plan de masse (115). Le spécialiste comprend que la self-impédance de l'antenne passive accordable, dans une configuration d'essai donnée et à la fréquence donnée, est une caractéristique de l'antenne passive accordable que l'on peut faire varier en utilisant les dits dispositifs de contrôle d'antenne, si bien que cette caractéristique est contrôlée en utilisant les dits dispositifs de contrôle d'antenne. Chacun des dispositifs de contrôle d'antenne a une réactance à la fréquence donnée, cette réactance étant un paramètre du dit chacun des dispositifs de contrôle d'antenne, ce paramètre ayant une influence sur ladite caractéristique. Ce paramètre de chacun des dispositifs de contrôle d'antenne est réglable par moyen électrique, mais les circuits et les liaisons de contrôle nécessaires pour déterminer la réactance de chacun des dispositifs de contrôle d'antenne ne sont pas montrés sur la figure 11.

### Dixième mode de réalisation.

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

L'antenne passive accordable (1) utilisée dans ce dixième mode de réalisation est montrée sur la figure 12. L'antenne passive accordable montrée sur la figure 12 a un plan de symétrie orthogonal au dessin. Ainsi, l'antenne passive accordable a une première demi-antenne, à gauche dans la figure 12, et une seconde demi-antenne, à droite dans la figure 12. L'accès signal de l'antenne passive accordable comporte une première borne (118) où un premier conducteur d'une liaison d'antenne symétrique est connecté à la première demi-antenne, et une seconde borne (119) où un second conducteur de la liaison d'antenne symétrique est connecté à la seconde demi-antenne. Chaque demi-antenne comporte trois segments et deux dispositifs de

contrôle d'antenne (112). Chacun des dispositifs de contrôle d'antenne est un dispositif à impédance réglable ayant une réactance à la fréquence donnée, comportant une première borne connectée à un segment d'une demi-antenne, et une seconde borne connectée à un autre segment de cette demi-antenne. Le spécialiste comprend que la self-impédance de l'antenne passive accordable, dans une configuration d'essai donnée et à la fréquence donnée, est une caractéristique de l'antenne passive accordable que l'on peut faire varier en utilisant les dits dispositifs de contrôle d'antenne, si bien que cette caractéristique est contrôlée en utilisant les dits dispositifs de contrôle d'antenne. Chacun des dispositifs de contrôle d'antenne a une réactance à la fréquence donnée, cette réactance étant un paramètre du dit chacun des dispositifs de contrôle d'antenne, ce paramètre ayant une influence sur ladite caractéristique. Ce paramètre de chacun des dispositifs de contrôle d'antenne est réglable par moyen électrique, mais les circuits et les liaisons de contrôle nécessaires pour déterminer la réactance de chacun des dispositifs de contrôle d'antenne ne sont pas montrés sur la figure 12.

#### Onzième mode de réalisation.

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

L'antenne passive accordable (1) utilisée dans ce onzième mode de réalisation est montrée sur la figure 13. L'antenne passive accordable montrée sur la figure 13 comporte une antenne principale (121), une antenne parasite (122), l'accès signal de l'antenne passive accordable (127) où une liaison d'antenne asymétrique (128) est connectée à l'antenne principale et à la masse (126), et un dispositif de contrôle d'antenne (123). Le dispositif de contrôle d'antenne est un dispositif à impédance réglable ayant une réactance à la fréquence donnée, comportant une première borne (124) connectée à l'antenne parasite (122), et une seconde borne (125) connectée à la masse (126). Le spécialiste comprend que le diagramme de directivité de l'antenne passive accordable (1), dans une configuration d'essai donnée et à la fréquence donnée, est une caractéristique de l'antenne passive accordable que l'on peut faire varier en utilisant ledit dispositif de contrôle d'antenne, si bien que cette caractéristique est contrôlée en utilisant ledit dispositif de contrôle d'antenne. La réactance du dispositif de contrôle d'antenne à la fréquence donnée est un paramètre du dit dispositif de contrôle d'antenne qui a une influence sur ladite caractéristique. Ce paramètre du dispositif de contrôle d'antenne est réglable par moyen électrique, mais les circuits et les liaisons de contrôle nécessaires pour déterminer la réactance du dispositif de contrôle d'antenne ne sont pas montrés sur la figure 13.

Cependant, le spécialiste comprend que ce paramètre a aussi une influence sur la self-impédance de l'antenne passive accordable, si bien que la self-impédance de l'antenne passive accordable, dans une configuration d'essai donnée et à la fréquence donnée, est aussi une

caractéristique de l'antenne passive accordable que l'on peut faire varier en utilisant ledit dispositif de contrôle d'antenne. L'antenne passive accordable (1) pourrait aussi comporter d'autres antennes parasites chacune couplée à un dispositif de contrôle d'antenne.

Douzième mode de réalisation.

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

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

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

25 appliquer une excitation à l'accès d'entrée, l'excitation ayant une fréquence porteuse appelée "la fréquence porteuse de l'excitation" et égale à la fréquence sélectionnée ;

30 capturer une ou plusieurs variables électriques à l'accès de sortie 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 de sortie ;

estimer  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, où  $q$  est un entier supérieur ou égal à un, en utilisant un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection ;

35 délivrer un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord", l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant  $p$  dispositifs à impédance réglable, où  $p$  est un entier supérieur ou égal à un, les  $p$  dispositifs à impédance réglable étant appelés

les “un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l’unité d’accord” et étant tels que, à la fréquence donnée, chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l’unité d’accord a une réactance, la réactance de n’importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l’unité d’accord étant réglable par moyen électrique, la réactance de n’importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l’unité d’accord étant principalement déterminée par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d’accord, la réactance de n’importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l’unité d’accord ayant une influence sur une impédance présentée par l’accès d’entrée, ladite étape de délivrer un ou plusieurs “signaux de contrôle d’accord” comportant les étapes suivantes :

5  
10  
15  
20  
25  
30  
35

- généraler, 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 des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d’une impédance vue par l’accès de sortie ;
- généraler, 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 généraler 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.

Nous avons représenté sur la figure 14 le schéma-bloc d’un appareil pour communication radio mettant en oeuvre ce procédé, l’appareil pour communication radio comportant :

- une unité de capteurs de localisation (7), l’unité de capteurs de localisation estimant une ou plusieurs “variables de localisation”, chacune des une ou plusieurs variables de localisation dépendant d’une distance entre une partie d’un corps humain et une zone de l’appareil pour communication radio ;
- une antenne passive accordable (1), l’antenne passive accordable comportant au moins un dispositif de contrôle d’antenne, ledit au moins un dispositif de contrôle d’antenne ayant au moins un paramètre ayant un effet sur une ou plusieurs caractéristiques de l’antenne passive accordable, ledit au moins un paramètre étant réglable par moyen électrique ;
- une liaison d’antenne (2) ;
- une unité d’accord à accès d’entrée unique et accès de sortie unique (4) similaire à celle utilisée dans le premier mode de réalisation, ayant un accès d’entrée et un accès de sortie ;

une unité de détection (3) délivrant deux “signaux de sortie d’unité de détection”, chacun des signaux de sortie d’unité de détection étant principalement déterminé par une ou plusieurs variables électriques captées à l’accès de sortie pendant qu’une excitation est appliquée à l’accès d’entrée ;

- 5 une unité d’émission et de traitement du signal (8), l’unité d’émission et de traitement du signal délivrant une ou plusieurs “instructions de réglage d’antenne”, chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d’antenne étant déterminée en fonction d’une “fréquence sélectionnée” et en fonction des une ou plusieurs variables de localisation, la fréquence sélectionnée étant supérieure ou égale à 300 MHz, l’unité d’émission et
- 10 de traitement du signal appliquant l’excitation à l’accès d’entrée, l’excitation ayant une fréquence porteuse appelée “la fréquence porteuse de l’excitation” et égale à la fréquence sélectionnée, l’unité d’émission et de traitement du signal estimant  $q$  quantités réelles dépendantes d’une impédance vue par l’accès de sortie, où  $q$  est un entier supérieur ou égal à un, en utilisant un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux
- 15 de sortie d’unité de détection, l’unité d’émission et de traitement du signal délivrant des “instructions de réglage d’unité d’accord”, au moins une des instructions de réglage d’unité d’accord étant une “instruction de réglage d’unité d’accord initiale”, chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d’unité d’accord initiales étant déterminée en fonction de la fréquence sélectionnée et en fonction des dites  $q$  quantités
- 20 réelles dépendantes d’une impédance vue par l’accès de sortie, au moins une des instructions de réglage d’unité d’accord étant une “instruction de réglage d’unité d’accord ultérieure”, l’unité d’émission et de traitement du signal exécutant un algorithme de régulation par recherche d’extremum pour générer chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d’unité d’accord ultérieures, l’algorithme de
- 25 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 ; et
- une unité de contrôle (6) similaire à celle utilisée dans le premier mode de réalisation, délivrant un ou plusieurs “signaux de contrôle d’antenne” à l’antenne passive
- 30 accordable et un ou plusieurs “signaux de contrôle d’accord” à l’unité d’accord à accès d’entrée unique et accès de sortie unique.

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

35 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  
 5 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  
 10 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  
 15 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  
 20 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  
 25 humain (par exemple le dispositif VL6180 de STMicroelectronics) peut être utilisé pour obtenir une variable de localisation telle que l'ensemble des valeurs possibles de la variable de localisation a au moins trois éléments, une des valeurs signifiant qu'aucun corps humain n'a été détecté, chacune des autres valeurs correspondant à une distance différente entre une zone de l'appareil pour communication radio et la partie d'un corps humain détectée la plus proche. Il  
 30 est possible que l'ensemble des valeurs possibles de n'importe laquelle des une ou plusieurs variables de localisation ait au moins trois éléments.

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

tel qu'un écran tactile résistif, un écran tactile capacitif ou un écran tactile à ondes acoustiques de surface, etc.

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

La fréquence sélectionnée peut prendre n'importe quelle valeur dans un "ensemble de valeurs possibles de la fréquence porteuse de l'excitation", qui comporte plusieurs éléments. Chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne étant déterminée en fonction de la fréquence sélectionnée et des une ou plusieurs variables de localisation, et seulement en fonction de la fréquence sélectionnée et des une ou plusieurs variables de localisation, il est clair qu'une commande en boucle ouverte est utilisée pour générer chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne.

Le spécialiste comprend que, dans ce douzième mode de réalisation, l'étape de délivrer un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord peut être plus rapide, pour une précision donnée, que l'étape correspondante du premier mode de réalisation, grâce à l'utilisation des une ou plusieurs variables de localisation.

#### Treizième mode de réalisation.

Le treizième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également à l'appareil pour communication radio représenté sur la figure 14, et toutes les explications fournies pour le douzième mode de réalisation sont applicables à ce treizième mode de réalisation. De plus, dans ce treizième mode de réalisation, l'appareil pour communication radio est un téléphone mobile, et l'unité de capteurs de localisation comporte 4 capteurs de proximité.

La figure 15 est un dessin d'une vue d'arrière du téléphone mobile (700). La figure 15 montre : un point (71) où le premier des 4 capteurs de proximité est situé ; un point (72) où le deuxième des 4 capteurs de proximité est situé ; un point (73) où le troisième des 4 capteurs de proximité est situé ; et un point (74) où le quatrième des 4 capteurs de proximité est situé.

Un ensemble fini de configurations d'utilisation typiques est défini. Par exemple, la figure 16 montre une première configuration d'utilisation typique, qui peut être appelée "configuration main droite et tête" ; la figure 17 montre une deuxième configuration d'utilisation typique, qui peut être appelée "configuration deux mains" ; et la figure 18 montre une troisième configuration d'utilisation typique, qui peut être appelée "configuration main droite seulement". Dans la figure 16, la figure 17 et la figure 18, le téléphone mobile (700) est tenu par un utilisateur. Plus précisément, l'utilisateur tient le téléphone mobile près de sa tête avec sa main droite dans la figure 16, loin de sa tête avec ses deux mains dans la figure 17, et loin de sa tête seulement avec sa main droite dans la figure 18. Dans une configuration d'utilisation réelle, les variables de localisation évaluées par les 4 capteurs de proximité sont utilisées pour déterminer la configuration d'utilisation typique la plus proche de la configuration d'utilisation réelle. Chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne est déterminée à partir d'un ensemble d'instructions de réglage d'antenne prédéterminées qui sont mémorisées dans une table de consultation réalisée dans l'unité d'émission et de traitement du signal, en se basant sur la configuration d'utilisation typique la plus proche et sur la fréquence sélectionnée. Le spécialiste comprend comment construire et utiliser une telle table de consultation. Le spécialiste comprend l'avantage de définir et d'utiliser un ensemble de configurations d'utilisation typiques, qui doit être suffisamment grand pour couvrir tous les cas pertinents, et suffisamment petit pour éviter une table de consultation exagérément grande.

Il a été montré que, pour obtenir une bonne précision de chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne, plus de deux configurations d'utilisation typiques doivent être définies, et qu'une unique variable de localisation ne peut pas être utilisée pour déterminer une configuration d'utilisation typique la plus proche. Par conséquent, dans ce treizième mode de réalisation, il est important qu'une pluralité de variables de localisation soit estimée.

De plus, pour être capable de déterminer une configuration d'utilisation typique la plus proche, il est nécessaire d'utiliser des variables de localisation dépendant de la distance entre une partie d'un corps humain et différentes zones de l'appareil pour communication radio. Plus précisément, il est nécessaire qu'il existe deux des variables de localisation, notées A et B, la variable de localisation A dépendant de la distance entre une partie d'un corps humain et une zone X de l'appareil pour communication radio, la variable de localisation B dépendant de la distance entre une partie d'un corps humain et une zone Y de l'appareil pour communication radio, telles que X et Y sont distinctes, ou préférablement telles que X et Y ont une intersection vide. Dans ce treizième 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 15.

### Quatorzième mode de réalisation.

Le quatorzième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également à l'appareil pour communication radio représenté sur la figure 3, aux algorigrammes représentés sur la figure 4 et la figure 6, et à l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique représentée sur la figure 5. Toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation et pour le quatrième mode de réalisation sont applicables à ce quatorzième mode de réalisation. Comme  $p = 2$ , les "un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord" peuvent être appelés les "dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord".

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

15 Nous avons représenté sur la figure 19 un algorigramme applicable, dans ce quatorzième mode de réalisation, au traitement "générer des valeurs ultérieures des signaux de contrôle d'accord" (843) de la figure 6. En plus du symbole de début (84301) et du symbole de fin (84307), cet algorigramme comporte :

- un traitement "initialisation" (84302), dans lequel une condition est définie ;
- un traitement "générer des valeurs ultérieures du signal de contrôle d'accord pour 403" (84303), 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 de l'unité d'accord (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 de l'unité d'accord (403) ;
- un traitement "générer des valeurs ultérieures du signal de contrôle d'accord pour 404" (84304), 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 de l'unité d'accord (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 de l'unité d'accord (404) ;
- un traitement (84305) dans lequel une valeur de test est déterminée ; et
- un branchement conditionnel (84306) utilisé pour atteindre le symbole de fin (84307) si la valeur de test satisfait la condition (qui correspond à un critère d'achèvement).

Le spécialiste comprend que, dans ce quatorzième 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 "générer des valeurs ultérieures du signal de contrôle d'accord pour 403" (84303), et un algorithme de régulation par recherche d'extremum à un paramètre dans le traitement "générer des valeurs ultérieures du signal de contrôle d'accord pour 404" (84304). 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 un 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 l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique a  $p$  dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord, 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 de l'unité d'accord 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.

#### Quinzième mode de réalisation.

Le quinzième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également à l'appareil pour communication radio représenté sur la figure 3, aux algorigrammes représentés sur la figure 4 et la figure 6, à l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique représentée sur la figure 5, et à l'algorigramme du traitement "générer des valeurs ultérieures des signaux de contrôle d'accord" représenté sur la figure 19. Toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation, le quatrième mode de réalisation et le quatorzième mode de réalisation sont applicables à ce quinzième mode de réalisation.

Nous avons représenté sur la figure 20 un algorigramme applicable, dans ce quinzième mode de réalisation, au traitement "générer des valeurs ultérieures du signal de contrôle d'accord pour 403" (84303) de la figure 19, et au traitement "générer des valeurs ultérieures du signal de contrôle d'accord pour 404" (84304) de la figure 19. En plus du symbole de début

(84901) et du symbole de fin (84906), cet algorithme comporte :

un traitement (84902) dans lequel un temporisateur (en anglais: timer) est mis à zéro et démarré ;

5 un traitement (84903) 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 ; et

un branchement conditionnel (84904) utilisé pour attendre pendant un temps pré-défini ; et un traitement (84905) dans lequel l'algorithme de régulation par recherche d'extremum à un paramètre est arrêté.

10 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, dans le cas d'une mise en oeuvre  
15 purement analogique.

#### Seizième mode de réalisation.

Le seizième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également à l'appareil pour communication radio représenté sur la  
20 figure 3, aux algorithmes représentés sur la figure 4 et la figure 6, à l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique représentée sur la figure 5, et à l'algorithme du traitement "générer des valeurs ultérieures des signaux de contrôle d'accord" représenté sur la figure 19. Toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation, le quatrième mode de réalisation et le quatorzième mode de réalisation sont applicables à ce seizième mode  
25 de réalisation.

Nous avons représenté sur la figure 21 un algorithme applicable, dans ce seizième mode de réalisation, au traitement "générer des valeurs ultérieures du signal de contrôle d'accord pour  
403" (84303) de la figure 19, et au traitement "générer des valeurs ultérieures du signal de contrôle d'accord pour 404" (84304) de la figure 19. En plus du symbole de début (84901) et  
30 du symbole de fin (84906), cet algorithme comporte :

un traitement (84907) dans lequel une condition est définie ;

un traitement (84908) 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 ;

35 un traitement (84909) dans lequel une valeur de test est déterminée ; et

un branchement conditionnel (84910) utilisé pour atteindre le symbole de fin (84906) 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

5 livre de S.-J. Liu et M. Krstic, dans le cas d’une mise en oeuvre purement analogique.

#### Dix-septième mode de réalisation.

Le dix-septième mode de réalisation d’un dispositif selon l’invention, donné à titre d’exemple non limitatif, correspond également à l’appareil pour communication radio représenté sur la figure 3, aux algorigrammes représentés sur la figure 4 et la figure 6, et à l’unité d’accord

10 à accès d’entrée unique et accès de sortie unique représentée sur la figure 5. Toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation et pour le quatrième mode de réalisation sont applicables à ce dix-septième mode de réalisation. Comme  $p = 2$ , les “un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l’unité d’accord” peuvent être appelés les “dispositifs à impédance réglable de l’unité d’accord”.

15 Dans ce dix-septième mode de réalisation, l’unité de contrôle d’accord délivre deux signaux de contrôle d’accord à l’unité d’accord à accès d’entrée unique et accès de sortie unique, et la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable de l’unité d’accord est principalement déterminée par un et un seul des signaux de contrôle d’accord.

Nous avons représenté sur la figure 22 un algorigramme applicable, dans ce dix-septième

20 mode de réalisation, au traitement “générer des valeurs ultérieures des signaux de contrôle d’accord” (843) de la figure 6. En plus du symbole de début (84301) et du symbole de fin (84307), cet algorigramme comporte :

- un traitement (84308) dans lequel un temporisateur (en anglais: timer) est mis à zéro et démarré ;
- 25 un traitement (84309) 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 (84310) utilisé pour attendre pendant un temps pré-défini ; et
- un traitement (84311) dans lequel l’algorithme de régulation par recherche d’extremum à
- 30 deux paramètres est arrêté.

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

35 approche est traitée dans le chapitre 2 du dit livre de K.B. Ariyur et M. Krstic, dans le cas d’une mise en oeuvre purement analogique. Elle offre des performances supérieures à celle utilisée dans le quatorzième mode de réalisation.

Plus généralement,  $p$  étant un entier supérieur ou égal à 2, dans un mode de réalisation différent tel que l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique a  $p$  dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord, 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 de l'unité d'accord 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 "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.

#### Dix-huitième mode de réalisation.

Le dix-huitième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également à l'appareil pour communication radio représenté sur la figure 3, aux algorithgrammes représentés sur la figure 4 et la figure 6, et à l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique représentée sur la figure 5. Toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation et pour le quatrième mode de réalisation sont applicables à ce dix-huitième mode de réalisation. Comme  $p = 2$ , les "un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord" peuvent être appelés les "dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord".

Dans ce dix-huitième mode de réalisation, l'unité de contrôle d'accord délivre deux signaux de contrôle d'accord à l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, et la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord est principalement déterminée par un et un seul des signaux de contrôle d'accord.

Nous avons représenté sur la figure 23 un algorithgramme applicable, dans ce dix-huitième mode de réalisation, au traitement "générer des valeurs ultérieures des signaux de contrôle d'accord" (843) de la figure 6. En plus du symbole de début (84301) et du symbole de fin (84307), cet algorithgramme comporte :

- un traitement (84312) dans lequel une condition est définie ;
- un traitement (84313) 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 (84314) dans lequel une valeur de test est déterminée ; et
- un branchement conditionnel (84315) utilisé pour atteindre le symbole de fin (84307) si la valeur de test satisfait la condition (qui correspond à un critère d'achèvement).

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 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, dans le cas d'une mise en oeuvre purement analogique. Elle offre des performances supérieures à celle utilisée dans le quatorzième mode de réalisation.

5 Plus généralement,  $p$  étant un entier supérieur ou égal à 2, dans un mode de réalisation différent tel que l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique a  $p$  dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord, 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 de  
 10 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 "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.

#### 15 Dix-neuvième mode de réalisation.

Au titre d'un dix-neuvième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, nous avons représenté sur la figure 24 le schéma-bloc d'un appareil pour communication radio comportant :

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

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

une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4) ayant un accès  
 d'entrée et un accès de sortie, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de  
 35 sortie unique comportant  $p$  dispositifs à impédance réglable, où  $p$  est un entier supérieur ou égal à un, les  $p$  dispositifs à impédance réglable étant appelés les "un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord" et étant tels que, à une

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

- 5 une unité de détection (3) délivrant un ou plusieurs "signaux de sortie d'unité de détection", chacun des un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection étant principalement déterminé par une ou plusieurs variables électriques captées (ou mesurées) à l'accès de sortie pendant qu'une excitation est appliquée à l'accès d'entrée, l'accès de sortie étant indirectement couplé à l'accès réseau d'antennes à travers l'unité de détection ;
- 10 une unité d'émission et de traitement du signal (8), l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant les un ou plusieurs instructions de configuration, l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant une ou plusieurs "instructions de réglage d'antenne", l'unité d'émission et de traitement du signal appliquant l'excitation à l'accès d'entrée, l'unité d'émission et de traitement du signal estimant  $q$  quantités
- 15 réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, où  $q$  est un entier supérieur ou égal à un, en utilisant un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection, l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant des "instructions de réglage d'unité d'accord", au moins une des instructions de réglage d'unité d'accord étant une "instruction de réglage d'unité d'accord initiale", chacune
- 20 des un ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord initiales étant déterminée en fonction d'une ou plusieurs des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, au moins une des instructions de réglage d'unité d'accord étant une "instruction de réglage d'unité d'accord ultérieure", l'unité d'émission et de traitement du signal exécutant un algorithme de régulation par
- 25 recherche d'extremum pour générer chacune des un ou plusieurs instructions de réglage d'unité 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 ; et
- 30 une unité de contrôle (6), l'unité de contrôle délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'antenne" aux un ou plusieurs antennes passives accordables, chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne étant déterminé en fonction d'au moins une des un ou plusieurs instructions de réglage d'antenne, chaque dit au moins un paramètre de chaque dit au moins un dispositif de contrôle d'antenne de chacune des
- 35 antennes passives accordables étant déterminé par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne, l'unité de contrôle délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord" à l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, l'unité de contrôle 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 de réglage d'unité d'accord, la réactance de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord étant déterminée par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord.

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

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

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

L'accès de sortie étant indirectement couplé à l'accès réseau d'antennes à travers l'unité de détection, le spécialiste voit que l'appareil pour communication radio permet, à la fréquence donnée, un transfert de puissance depuis l'accès d'entrée jusqu'à un champ électromagnétique rayonné par les antennes passives accordables. Ainsi, l'appareil pour communication radio est tel que, si une puissance est reçue par l'accès d'entrée à la fréquence donnée, une partie de ladite

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

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

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

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

d'une ou plusieurs variables de localisation, définies comme dans le douzième mode de réalisation ;

d'une fréquence utilisée pour la communication radio avec les antennes passives accordables ;

d'une ou plusieurs variables additionnelles, chacune des variables additionnelles étant un élément d'un ensemble de variables additionnelles, les éléments de l'ensemble de variables additionnelles comportant : des variables de type de communication qui indiquent si une session de communication radio est une session de communication vocale, une session de communication de données ou un autre type de session de communication ; un indicateur d'activation de mode mains libres ; un indicateur d'activation de haut-parleur ; des variables obtenues en utilisant un ou plusieurs accéléromètres ; des variables d'identité d'utilisateur qui dépendent de l'identité de

l'utilisateur actuel ; des variables de qualité de réception ; et des variables de qualité d'émission.

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

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

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

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

En dehors des séquences de réglage, l'unité d'émission et 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 de sortie. Par exemple, de telles quantités dépendantes chacune de la puissance fournie par l'accès de sortie peuvent être utilisées pour réguler la puissance fournie par l'accès de sortie, en faisant varier la puissance fournie à l'accès d'entrée.

#### Vingtième mode de réalisation.

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



impédance vue par l'accès de sortie, et en fonction des dits un ou plusieurs signaux de température ;

généraliser, 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.

Le spécialiste comprend que, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, une commande en boucle ouverte est utilisée pour générer la valeur initiale du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord. Le spécialiste comprend que, pour cette raison, il est avantageux de prendre en compte les dits un ou plusieurs signaux de température pour générer la valeur initiale de chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord. Le spécialiste comprend comment générer une valeur initiale de chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, en fonction d'une ou plusieurs des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, et en fonction des dits un ou plusieurs signaux de température. Le spécialiste sait aussi que les caractéristiques des composants de l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique dépendent de la fréquence et de la température. Par conséquent, il est aussi avantageux de prendre en compte la fréquence porteuse de l'excitation pour générer la valeur initiale de chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord. Le spécialiste comprend comment générer une valeur initiale de chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, en fonction d'une ou plusieurs des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, en fonction d'une ou plusieurs quantités dépendantes de la fréquence porteuse de l'excitation, et en fonction des dits un ou plusieurs signaux de température.

Nous avons représenté sur la figure 25 le schéma-bloc d'un premier appareil pour communication radio mettant en oeuvre le procédé de ce vingtième mode de réalisation de l'invention, l'appareil pour communication radio comportant :

une antenne passive accordable (1) comportant au moins un dispositif de contrôle d'antenne, ledit au moins un dispositif de contrôle d'antenne ayant au moins un paramètre ayant un effet sur une ou plusieurs caractéristiques de l'antenne passive accordable, ledit au moins un paramètre étant réglable par moyen électrique ;  
une liaison d'antenne (2) ;

une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4) ayant un accès d'entrée et un accès de sortie, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant  $p$  dispositifs à impédance réglable, où  $p$  est un entier supérieur ou égal à 2, les  $p$  dispositifs à impédance réglable étant appelés les "un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord" et étant tels que, à une fréquence donnée, chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord a une réactance, la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord étant réglable par moyen électrique, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant un dispositif de mesure de température qui mesure, en un ou plusieurs emplacements dans l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique, une température, pour obtenir un ou plusieurs "signaux de température", chacun des dits un ou plusieurs signaux de température étant principalement déterminé par une ou plusieurs des températures aux dits un ou plusieurs emplacements ;

une unité de détection (3) délivrant 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 de sortie pendant qu'une excitation est appliquée à l'accès d'entrée ;

une unité d'émission et de traitement du signal (8), l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant une ou plusieurs "instructions de réglage d'antenne", l'unité d'émission et de traitement du signal appliquant l'excitation à l'accès d'entrée, l'excitation ayant une fréquence porteuse appelée "la fréquence porteuse de l'excitation", l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant des "instructions de réglage d'unité d'accord", au moins une des instructions de réglage d'unité d'accord étant une "instruction de réglage d'unité d'accord initiale", chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord initiales étant déterminée en fonction des dits un ou plusieurs signaux de température et en fonction d'une ou plusieurs des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, au moins une des instructions de réglage d'unité d'accord étant une "instruction de réglage d'unité d'accord ultérieure", l'unité d'émission et de traitement du signal exécutant un algorithme de régulation par recherche d'extremum pour générer chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité 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 ; et

une unité de contrôle (6) similaire à celle utilisée dans le premier mode de réalisation.

Pour les raisons expliquées plus haut, il est possible que chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord initiales soient déterminées en fonction d'une ou plusieurs des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, en fonction d'une ou plusieurs quantités dépendantes de la fréquence porteuse de l'excitation, et en fonction des dits un ou plusieurs signaux de température.

Nous avons représenté sur la figure 26 le schéma-bloc d'un second appareil pour communication radio mettant en oeuvre le procédé de ce vingtième mode de réalisation de l'invention, l'appareil pour communication radio comportant :

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

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

Le spécialiste comprend que, dans ce vingtième mode de réalisation, l'étape de délivrer un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord peut être plus rapide, pour une précision donnée, que l'étape correspondante du premier mode de réalisation, parce que l'algorithme de régulation par recherche d'extremum est démarré plus proche des valeurs optimales des signaux de contrôle d'accord, grâce à l'utilisation des signaux de température.

#### Vingt-et-unième mode de réalisation.

Le vingt-et-unième mode de réalisation d'un appareil selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également à l'appareil pour communication radio représenté sur la figure 25 ou à l'appareil pour communication radio représenté sur la figure 26, et toutes les explications correspondantes fournies dans le vingtième mode de réalisation sont applicables à ce vingt-et-unième mode de réalisation.

Nous avons représenté sur la figure 27 l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4) utilisée dans ce vingt-et-unième mode de réalisation. Cette unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comporte :

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

un enroulement (405) ayant une borne couplée à la masse et une borne couplée à une borne de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (403) (404) ;

5 un dispositif de mesure de température (45) comportant deux capteurs de température (451) (452), le dispositif de mesure de température mesurant, à l'emplacement de chacun des capteurs de température, une température, pour obtenir un ou plusieurs signaux de température, chacun des dits un ou plusieurs signaux de température étant principalement déterminé par la température à l'emplacement d'un des capteurs de température ; et

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

Tous les un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (403) (404) sont réglables par moyen électrique, mais les circuits et les liaisons de contrôle nécessaires pour régler la réactance de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord ne sont pas montrés sur la figure 27. Les liaisons nécessaires pour alimenter les

15 capteurs de température (451) (452) et pour transporter les dits un ou plusieurs signaux de température ne sont pas montrées sur la figure 27.

Des résultats expérimentaux ont montré que les caractéristiques électromagnétiques du volume entourant l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique influencent souvent  $Z_U$ . Le spécialiste comprend que ce phénomène peut être préjudiciable, parce qu'une

20 commande en boucle ouverte est utilisée pour générer les dites une ou plusieurs valeurs initiales. Des résultats expérimentaux ont montré que ce phénomène peut être atténué en réduisant le champ électromagnétique variable produit par l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique à l'extérieur de l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique. Dans la figure 27, une réduction convenable de ce champ électromagnétique est

25 procurée par l'écran électromagnétique (48), qui peut aussi être appelé blindage électromagnétique, et qui est connecté à un plan de masse du circuit imprimé sur lequel l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique est réalisée.

Un premier des capteurs de température (451) se trouve près d'un premier des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (403), de telle façon qu'il mesure

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

35 ou plusieurs signaux de température procurent de l'information sur les températures de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord, qui peuvent être différentes les unes des autres. Le spécialiste comprend que ces températures peuvent en particulier être différentes si une puissance haute-fréquence significative est appliquée à l'accès

d'entrée, parce que les puissances dissipées dans les un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord sont typiquement différentes les unes des autres.

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

#### Vingt-deuxième mode de réalisation.

Le vingt-deuxième mode de réalisation d'un appareil selon l'invention, donné à titre  
10 d'exemple non limitatif, correspond également à l'appareil pour communication radio représenté sur la figure 25 ou à l'appareil pour communication radio représenté sur la figure 26, et toutes les explications correspondantes fournies dans le vingtième mode de réalisation sont applicables à ce vingt-deuxième mode de réalisation.

Nous avons représenté sur la figure 28 l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de  
15 sortie unique (4) utilisée dans ce vingt-deuxième mode de réalisation. Cette unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comporte :

- un accès de sortie (401) ayant deux bornes (4011) (4012), l'accès de sortie étant  
asymétrique ;
- un accès d'entrée (402) ayant deux bornes (4021) (4022), l'accès d'entrée étant  
20 asymétrique ;
- un des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (406), présentant une réactance positive, ayant une première borne connectée à une borne de l'accès d'entrée, et ayant une seconde borne connectée à une borne de l'accès de sortie ;
- un des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (407), présentant  
25 une réactance négative et connecté en parallèle avec l'accès de sortie ;
- un des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (408), présentant une réactance négative et connecté en parallèle avec l'accès d'entrée ;
- un dispositif de mesure de température (45) comportant un seul capteur de température  
30 (453), le dispositif de mesure de température mesurant, à l'emplacement du capteur de température, une température, pour obtenir un ou plusieurs signaux de température, chacun des dits un ou plusieurs signaux de température étant principalement déterminé par la température à l'emplacement du capteur de température ; et
- un écran électromagnétique (48), qui est mis à la masse.

Tous les un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (406) (407)  
35 (408) sont réglables par moyen électrique, mais les circuits et les liaisons de contrôle nécessaires pour régler la réactance de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord ne sont pas montrés sur la figure 28. Les liaisons nécessaires pour alimenter le capteur

de température (453) et pour transporter les dits un ou plusieurs signaux de température ne sont pas montrées sur la figure 28.

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

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

### 10 Vingt-troisième mode de réalisation.

Le vingt-troisième mode de réalisation d'un appareil selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également à l'appareil pour communication radio représenté sur la figure 25 ou à l'appareil pour communication radio représenté sur la figure 26, et toutes les explications correspondantes fournies dans le vingtième mode de réalisation sont applicables à ce vingt-troisième mode de réalisation.

Nous avons représenté sur la figure 29 l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4) utilisée dans ce vingt-troisième mode de réalisation. Cette unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comporte :

- un accès de sortie (401) ayant deux bornes (4011) (4012), l'accès de sortie étant symétrique ;
- un accès d'entrée (402) ayant deux bornes (4021) (4022), l'accès d'entrée étant asymétrique ;
- un transformateur (409) ;
- deux dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (403) (404), présentant chacun une réactance négative ;
- une bobine (405) ; et
- un dispositif de mesure de température comportant trois capteurs de température (451) (452) (454), le dispositif de mesure de température mesurant, à l'emplacement de chacun des capteurs de température, une température, pour obtenir un ou plusieurs signaux de température, chacun des dits un ou plusieurs signaux de température étant principalement déterminé par la température à l'emplacement d'un des capteurs de température.

Tous les un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord (403) (404) sont réglables par moyen électrique, mais les circuits et les liaisons de contrôle nécessaires pour régler la réactance de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord ne sont pas montrés sur la figure 29. Les liaisons nécessaires pour transporter les dits un ou plusieurs signaux de température ne sont pas montrées sur la figure 29.

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

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

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

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

#### Vingt-quatrième mode de réalisation.

Au titre d'un vingt-quatrième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, nous avons représenté sur la figure 30 le schéma-bloc d'un appareil pour communication radio comportant :

- une antenne passive accordable (1), l'antenne passive accordable comportant au moins un dispositif de contrôle d'antenne, ledit au moins un dispositif de contrôle d'antenne ayant au moins un paramètre ayant un effet sur une ou plusieurs caractéristiques de l'antenne passive accordable, ledit au moins un paramètre étant réglable par moyen électrique ;
- une liaison d'antenne (2) ;

une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4) similaire à celle utilisée dans le premier mode de réalisation, ayant un accès d'entrée et un accès de sortie ;

5 une unité de détection (3), 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 de sortie pendant qu'une excitation est appliquée à l'accès d'entrée ;

10 une unité de détection additionnelle (35), 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 plusieurs variables électriques captées à l'accès d'entrée pendant que ladite excitation est appliquée à l'accès d'entrée ;

15 une unité d'émission et de traitement du signal (8), l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant une ou plusieurs "instructions de réglage d'antenne", l'unité d'émission et de traitement du signal appliquant l'excitation à l'accès d'entrée à travers l'unité de détection additionnelle, l'excitation ayant une fréquence porteuse appelée "la fréquence porteuse de l'excitation", l'unité d'émission et de traitement du signal estimant  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, où  $q$  est un entier supérieur ou égal à un, en utilisant un ou plusieurs des un ou  
 20 plusieurs signaux de sortie d'unité de détection, l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant des "instructions de réglage d'unité d'accord", au moins une des instructions de réglage d'unité d'accord étant une "instruction de réglage d'unité d'accord initiale", chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord initiales étant déterminée en fonction d'une ou plusieurs des dites  $q$  quantités  
 25 réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, au moins une des instructions de réglage d'unité d'accord étant une "instruction de réglage d'unité d'accord ultérieure", l'unité d'émission et de traitement du signal exécutant un algorithme de régulation par recherche d'extremum pour générer chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord ultérieures, l'algorithme de  
 30 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 et en fonction d'un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection additionnelle ;  
 et

35 une unité de contrôle (6) similaire à celle utilisée dans le premier mode de réalisation.

L'unité de détection (3) 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 de sortie ; et un second signal de sortie d'unité de détection proportionnel à une seconde variable électrique, la seconde variable électrique étant un courant sortant de l'accès de sortie. Alternativement, l'unité de détection (3) 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  
 5 de détection proportionnel à une première variable électrique, la première variable électrique étant une tension incidente à l'accès de sortie ; et un second signal de sortie d'unité de détection proportionnel à une seconde variable électrique, la seconde variable électrique étant une tension réfléchie à l'accès de sortie.

L'unité de détection additionnelle (35) peut par exemple être telle que les un ou plusieurs  
 10 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 d'entrée ; 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 d'entrée. Alternativement,  
 15 l'unité de détection additionnelle (35) 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 d'entrée ; et un second signal de sortie d'unité de détection additionnelle proportionnel à une seconde variable électrique, la seconde variable  
 20 électrique étant une tension réfléchie à l'accès d'entrée.

Le spécialiste comprend que ladite tension incidente à l'accès d'entrée est définie par

$$u_F = (v_U + Z_{RU} i_U) / 2 \quad (6)$$

où  $u_F$  est ladite tension incidente à l'accès d'entrée,  $v_U$  est une tension complexe aux bornes de l'accès d'entrée,  $i_U$  est un courant complexe entrant dans l'accès d'entrée, et  $Z_{RU}$  est une  
 25 impédance de référence utilisée pour définir la tension incidente à l'accès d'entrée.

Par exemple, la variable de performance peut être sensiblement égale au produit d'une constante négative, d'une moyenne du carré d'une tension instantanée à l'accès de sortie, et de l'inverse d'une moyenne du carré d'une tension incidente instantanée à l'accès d'entrée. On peut montrer que, si l'impédance de référence utilisée pour définir la tension incidente à l'accès  
 30 d'entrée est égale à l'impédance interne d'un accès de l'unité d'émission et de traitement du signal, cet accès délivrant l'excitation à l'accès d'entrée, alors minimiser cette variable de performance maximise un gain composite en puissance de l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique. Cette variable de performance est telle que des variations du module de l'enveloppe complexe de l'excitation n'ont pas d'effet sur la variable de performance.  
 35 Cette variable de performance peut donc être utilisée lorsque l'excitation est modulée en amplitude.

## INDICATIONS SUR LES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

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

L'appareil pour communication radio selon l'invention peut par exemple être un récepteur radio, un émetteur radio ou un émetteur-récepteur radio. L'invention est particulièrement adaptée aux émetteurs-récepteurs radio mobiles, par exemple ceux utilisés dans les  
10 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 passives accordables utilisées pour les communications radio.

## REVENDEICATIONS

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

- général, 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 des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie ;
- 5 général, 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 général ladite au moins une valeur ultérieure de chacun des dits un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord,
- 10 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.
- 15 2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique est telle que, si une impédance vue par l'accès de sortie est égale à une impédance donnée, alors la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord a une influence sur une impédance présentée par l'accès d'entrée.
- 20 3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel  $p$  est supérieur ou égal à 2.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel 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.
- 25 5. Appareil pour communication radio comportant :
- une ou plusieurs antennes passives accordables (1), chacune des une ou plusieurs antennes passives accordables comportant au moins un dispositif de contrôle d'antenne, une ou plusieurs caractéristiques de ladite chacune des une ou plusieurs antennes passives accordables étant contrôlées en utilisant ledit au moins un dispositif de contrôle
- 30 d'antenne, ledit au moins un dispositif de contrôle d'antenne ayant au moins un paramètre ayant une influence sur les dites une ou plusieurs caractéristiques, ledit au moins un paramètre étant réglable par moyen électrique ;
- une unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique (4) ayant un accès d'entrée et un accès de sortie, l'appareil pour communication radio permettant, à une

- fréquence donnée, un transfert de puissance depuis l'accès d'entrée jusqu'à un champ électromagnétique rayonné par les une ou plusieurs antennes passives accordables, l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique comportant  $p$  dispositifs à impédance réglable, où  $p$  est un entier supérieur ou égal à un, les  $p$  dispositifs à impédance réglable étant appelés les "un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord" et étant tels que, à la fréquence donnée, chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord a une réactance, la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord étant réglable par moyen électrique ;
- 5
- 10 une unité de détection (3), 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 de sortie pendant qu'une excitation est appliquée à l'accès d'entrée ;
- une unité d'émission et de traitement du signal (8), l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant une ou plusieurs "instructions de réglage d'antenne", l'unité d'émission et de traitement du signal appliquant l'excitation à l'accès d'entrée, l'unité d'émission et de traitement du signal estimant  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, où  $q$  est un entier supérieur ou égal à un, en utilisant un ou plusieurs des un ou plusieurs signaux de sortie d'unité de détection,
- 15
- 20 l'unité d'émission et de traitement du signal délivrant des "instructions de réglage d'unité d'accord", au moins une des instructions de réglage d'unité d'accord étant une "instruction de réglage d'unité d'accord initiale", chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité d'accord initiales étant déterminée en fonction d'une ou plusieurs des dites  $q$  quantités réelles dépendantes d'une impédance vue par l'accès de sortie, au moins une des instructions de réglage d'unité d'accord étant une "instruction de réglage d'unité d'accord ultérieure", l'unité d'émission et de traitement du signal exécutant un algorithme de régulation par recherche d'extremum pour générer chacune des une ou plusieurs instructions de réglage d'unité 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 ; et
- 25
- 30 une unité de contrôle (6), l'unité de contrôle délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'antenne" aux une ou plusieurs antennes passives accordables, chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne étant déterminé en fonction d'au moins une des une ou plusieurs instructions de réglage d'antenne, chaque dit au moins un paramètre de chaque dit au moins un dispositif de contrôle d'antenne de chacune des une ou plusieurs antennes passives accordables étant principalement déterminé par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d'antenne, l'unité de contrôle
- 35

- délivrant un ou plusieurs “signaux de contrôle d’accord” à l’unité d’accord à accès d’entrée unique et accès de sortie unique, l’unité de contrôle 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 de réglage d’unité d’accord, la réactance de chacun des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l’unité d’accord étant principalement déterminée par au moins un des un ou plusieurs signaux de contrôle d’accord.
- 5
- 10 6. Appareil pour communication radio selon la revendication 5, dans lequel au moins un des un ou plusieurs signaux 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 de sortie ; ou
  - un signal de sortie d’unité de détection proportionnel à une variable électrique, la variable électrique étant un courant sortant de l’accès de sortie ; ou
  - 15 un signal de sortie d’unité de détection proportionnel à une variable électrique, la variable électrique étant une tension incidente à l’accès de sortie ; ou
  - un signal de sortie d’unité de détection proportionnel à une variable électrique, la variable électrique étant une tension réfléchie à l’accès de sortie.
- 20 7. Appareil pour communication radio selon la revendication 5, dans lequel les une ou plusieurs instructions de réglage d’antenne et les instructions de réglage d’unité d’accord sont délivrées pendant une ou plusieurs séquences de réglage, une des une ou plusieurs séquences de réglage comportant :
- un traitement (842), dans lequel l’unité d’émission et de traitement du signal délivre une instruction de réglage d’unité d’accord initiale, et dans lequel, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d’accord, l’unité de contrôle génère une valeur du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d’accord, ladite valeur étant appelée valeur initiale, ladite valeur initiale étant déterminée en fonction de l’instruction de réglage d’unité d’accord initiale ;
  - 25 un traitement (843), dans lequel l’unité d’émission et de traitement du signal délivre des instructions de réglage d’unité d’accord ultérieures, et dans lequel, pour chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d’accord et pour chacune des instructions de réglage d’unité d’accord ultérieures, l’unité de contrôle génère une valeur du dit chacun des un ou plusieurs signaux de contrôle d’accord, ladite valeur étant appelée valeur ultérieure, ladite valeur ultérieure étant déterminée en fonction de ladite
  - 30
  - 35
- chacune des instructions de réglage d’unité d’accord ultérieures.

8. Appareil pour communication radio selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, dans lequel l'unité d'accord à accès d'entrée unique et accès de sortie unique est telle que, si une impédance vue par l'accès de sortie est égale à une impédance donnée, alors la réactance de n'importe lequel des un ou plusieurs dispositifs à impédance réglable de l'unité d'accord a une influence sur une impédance présentée par l'accès d'entrée.
- 5
9. Appareil pour communication radio selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, dans lequel  $p$  est supérieur ou égal à 2.
10. Appareil pour communication radio selon l'une quelconque des revendications 5 à 9, dans lequel 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.
- 10

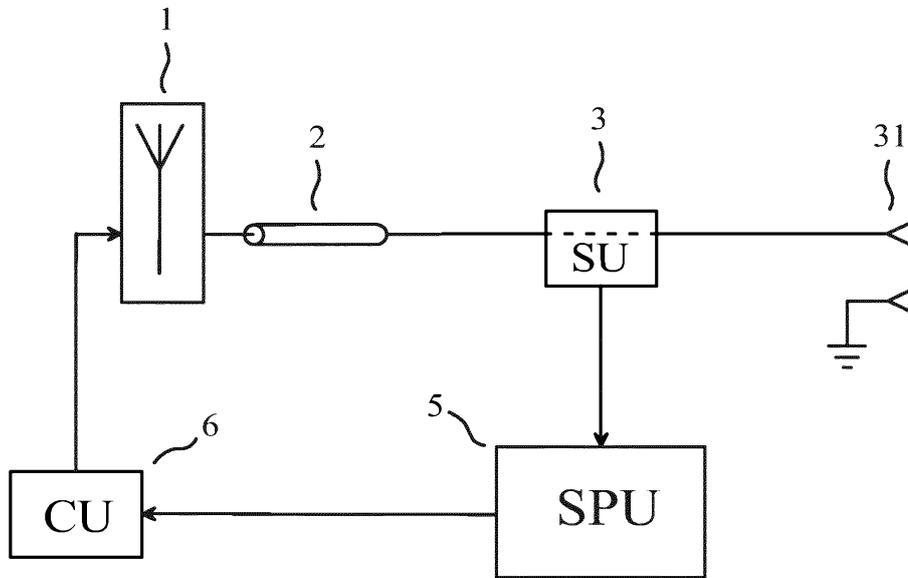


FIG. 1

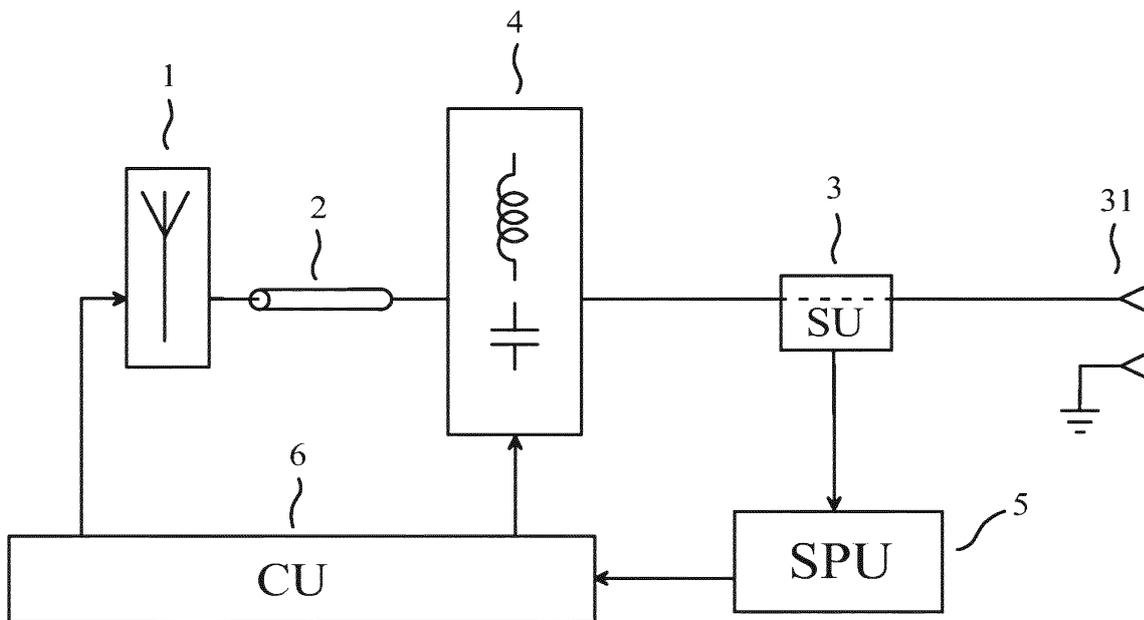
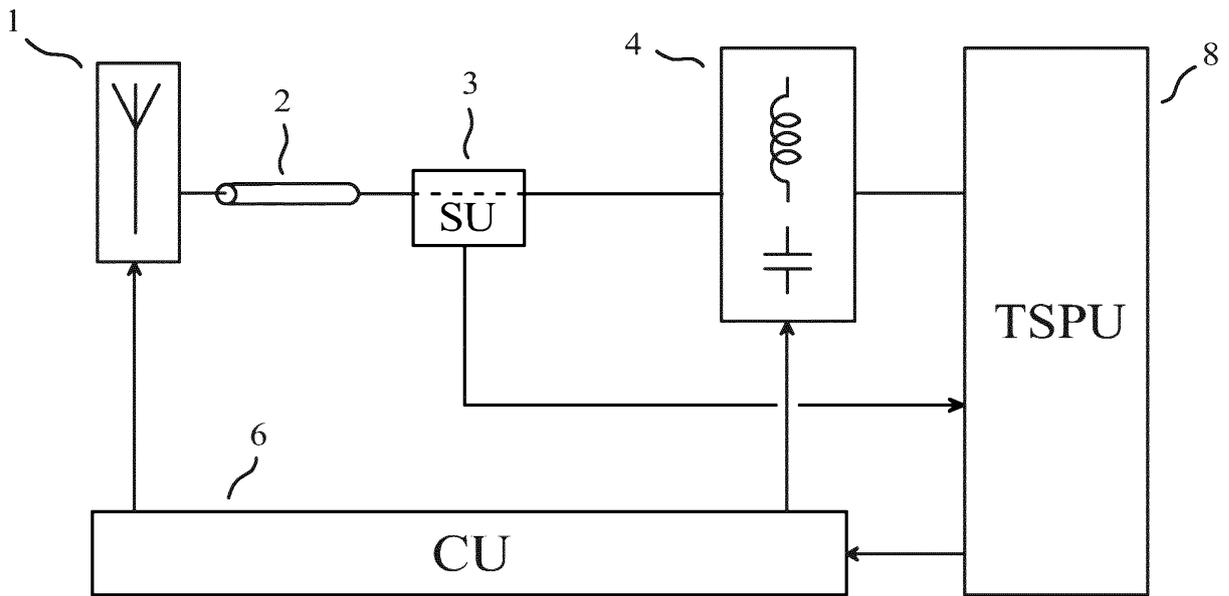
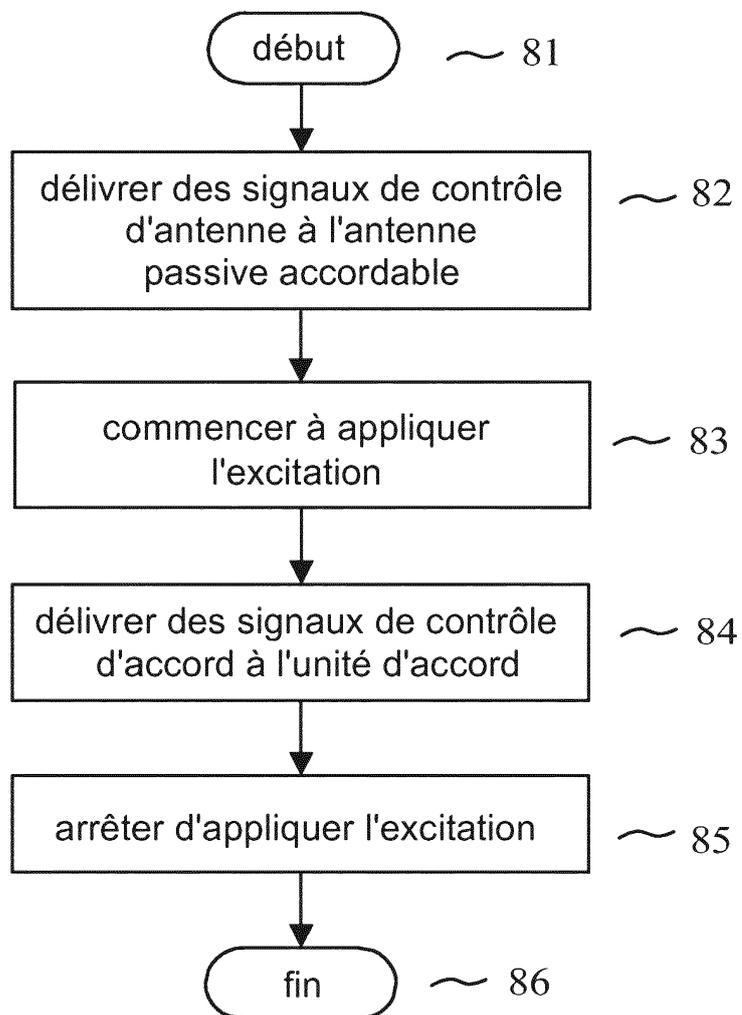


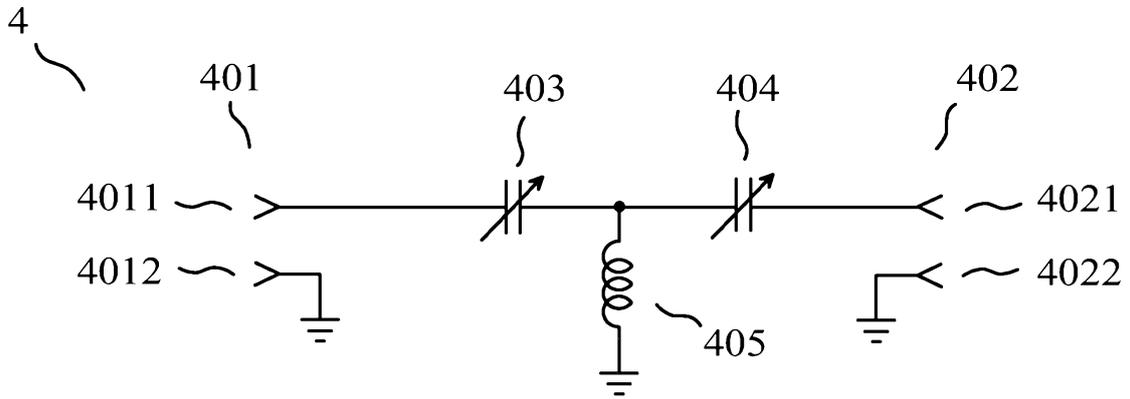
FIG. 2



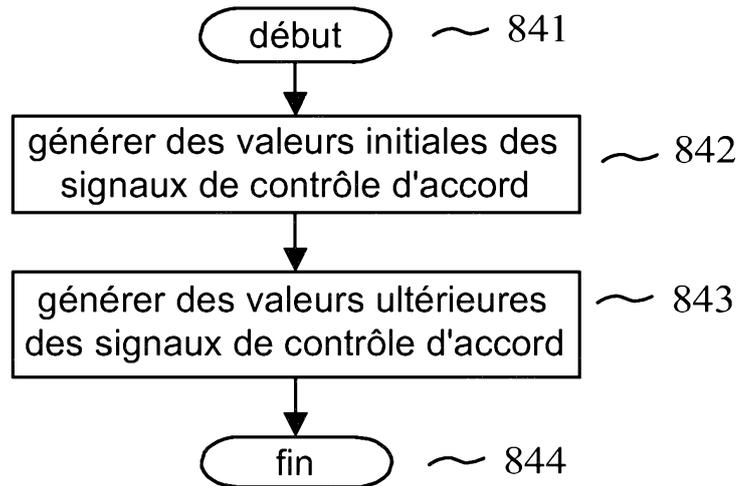
**FIG. 3**



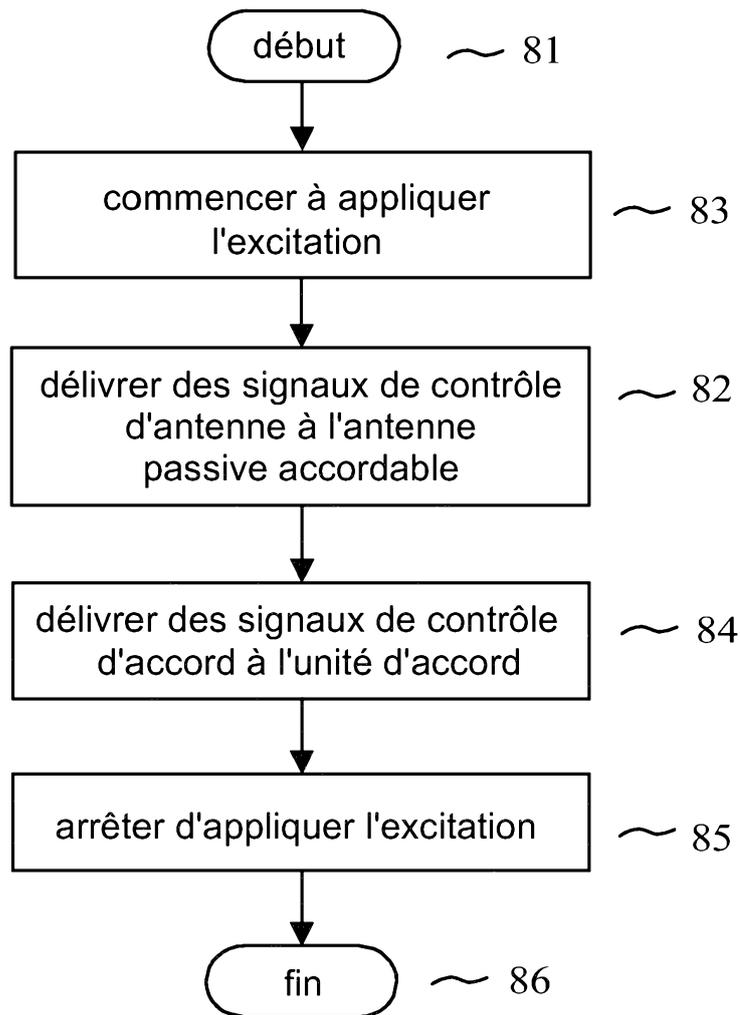
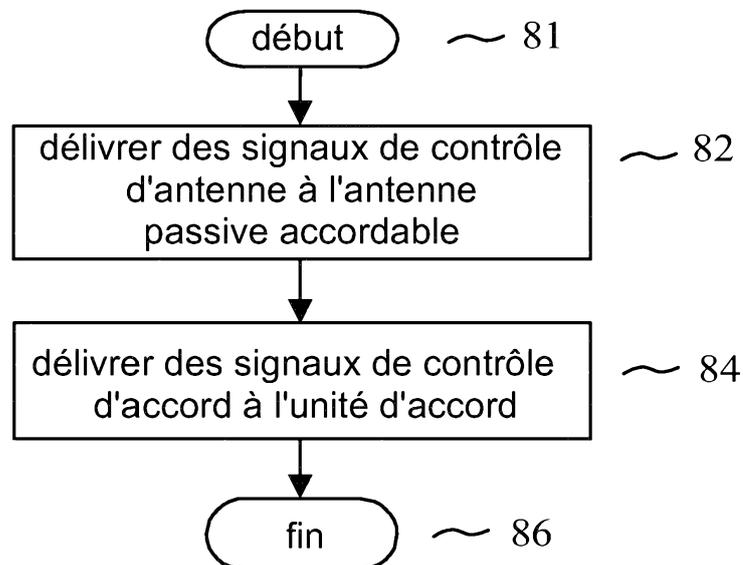
**FIG. 4**



**FIG. 5**



**FIG. 6**

**FIG. 7****FIG. 8**

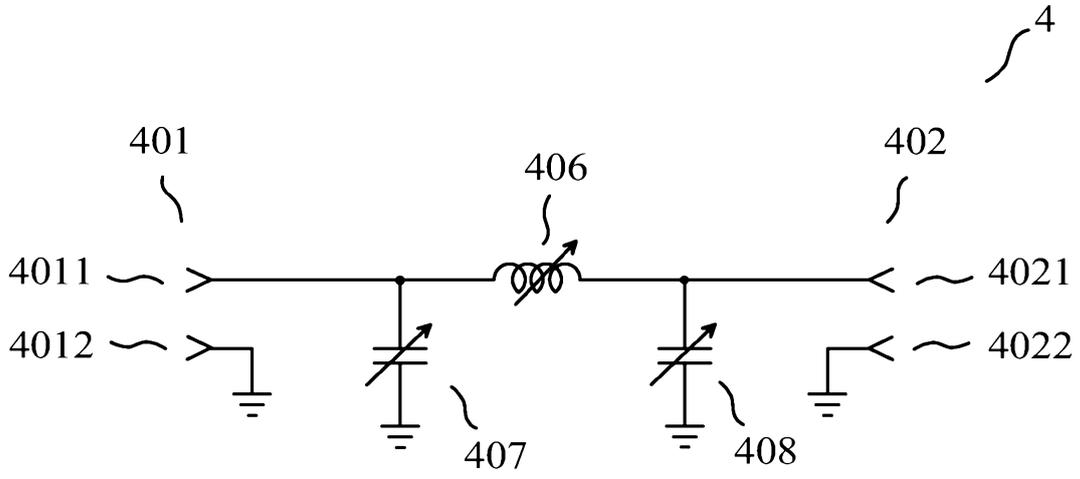


FIG. 9

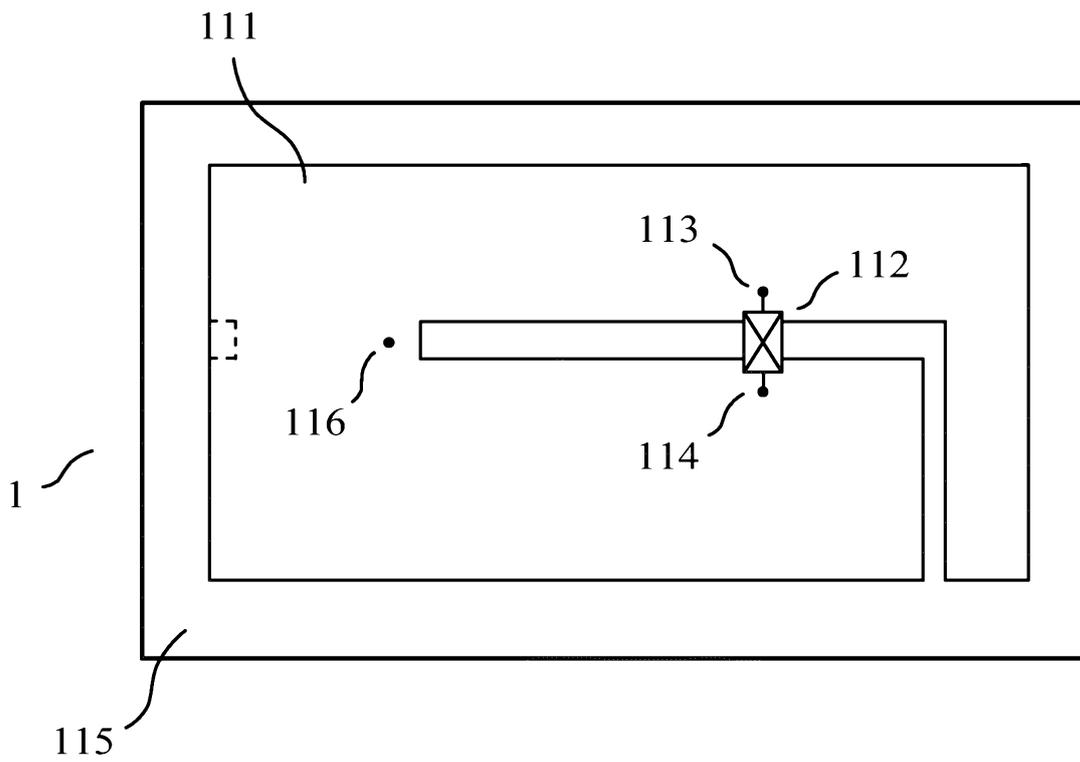
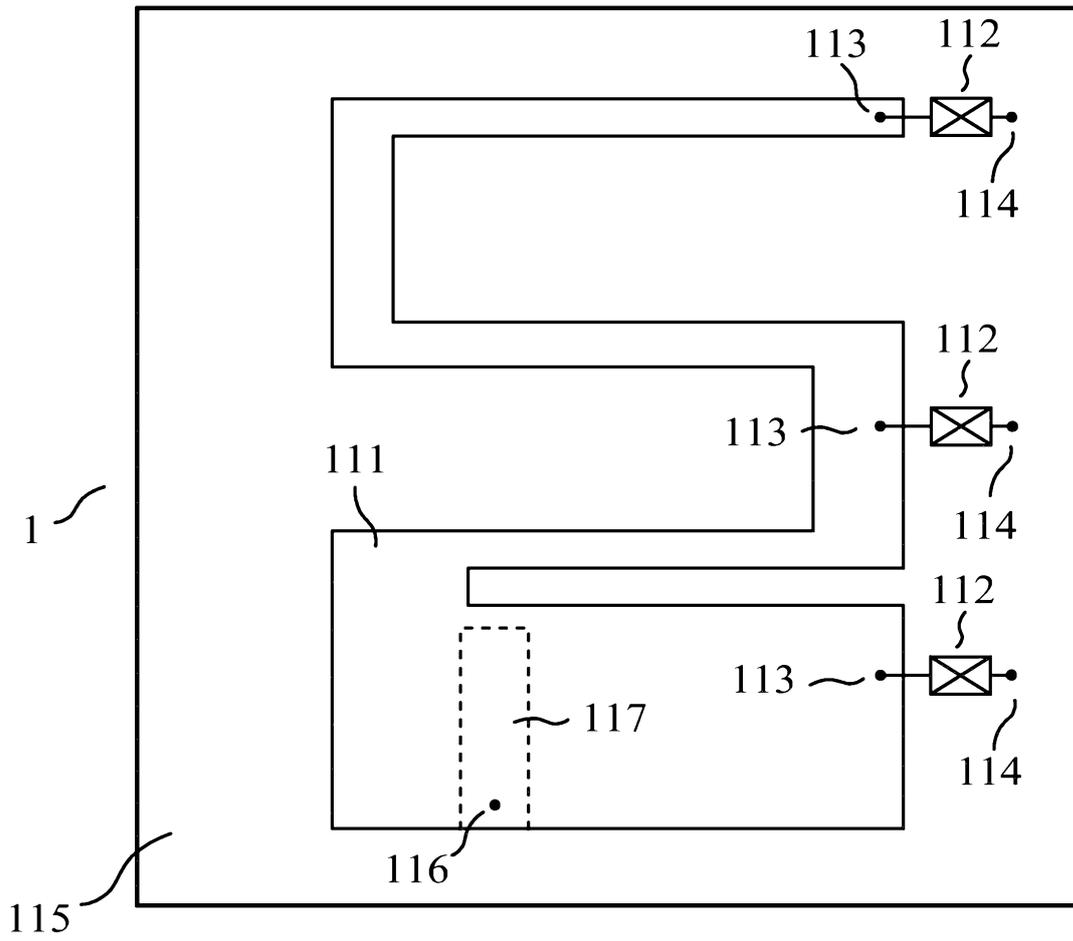
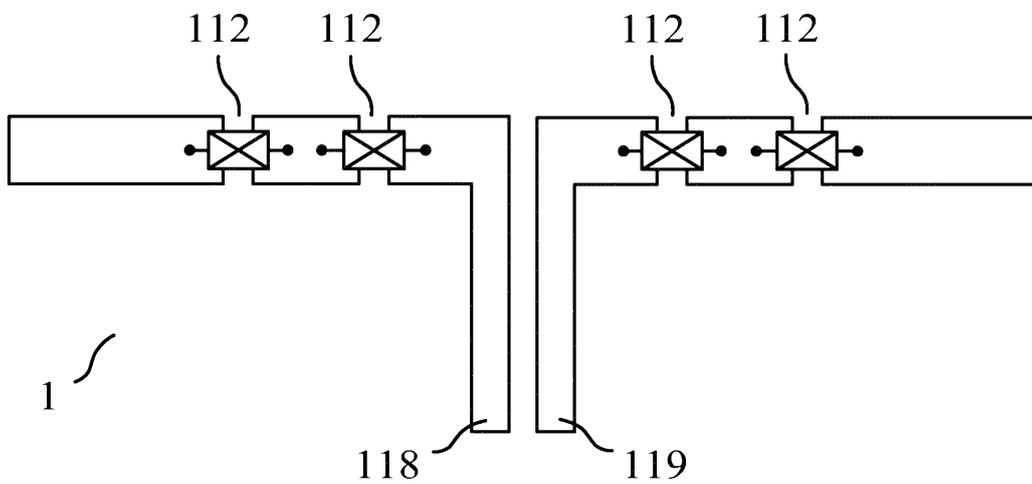


FIG. 10



**FIG. 11**



**FIG. 12**

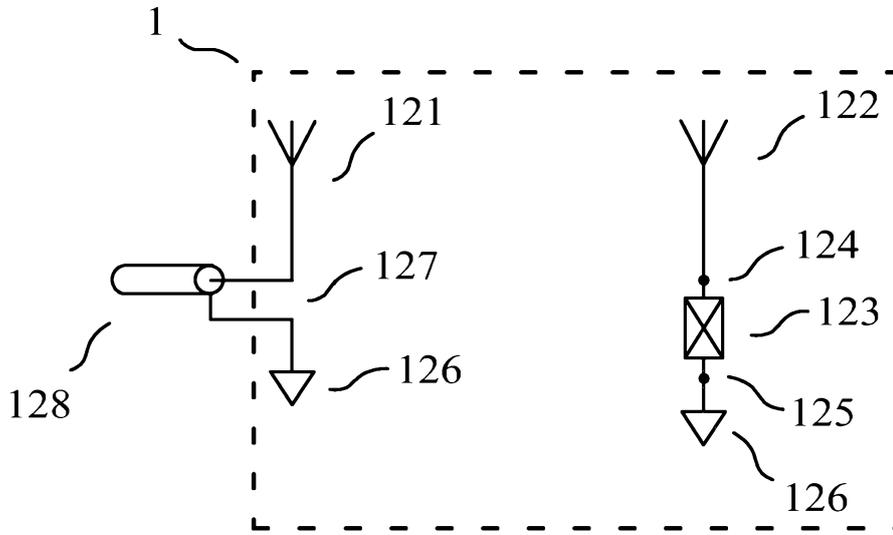


FIG. 13

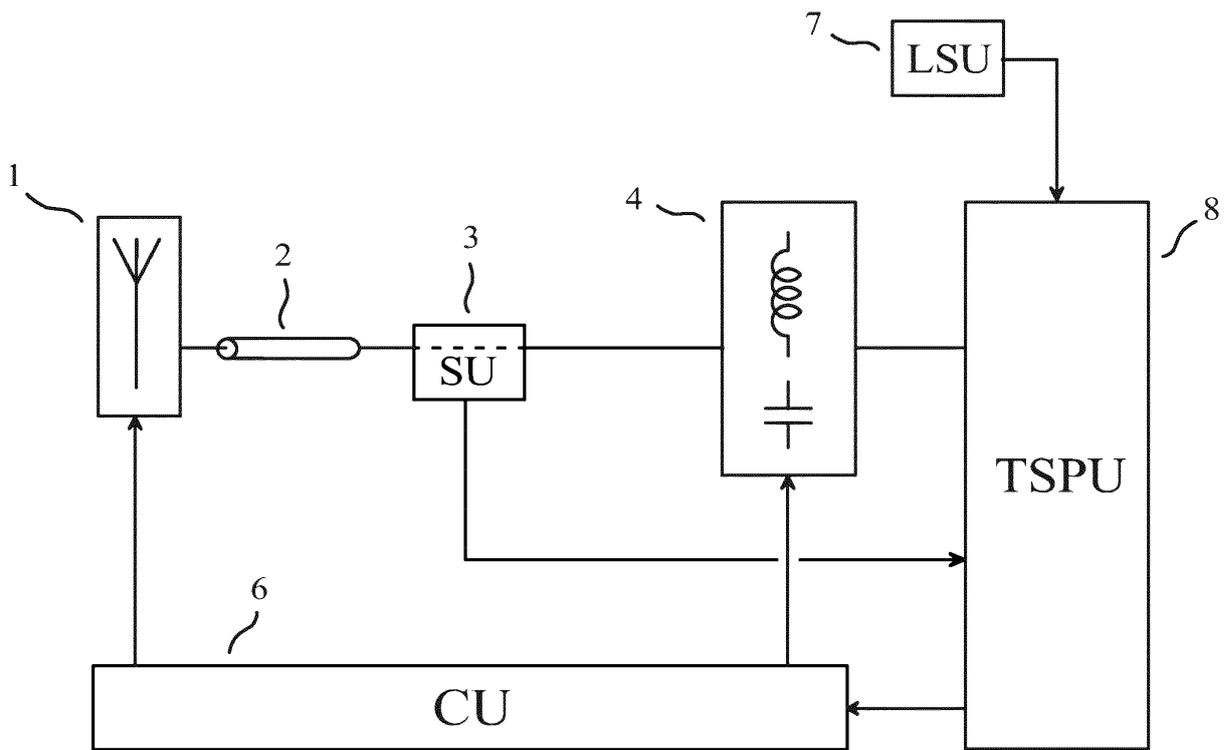
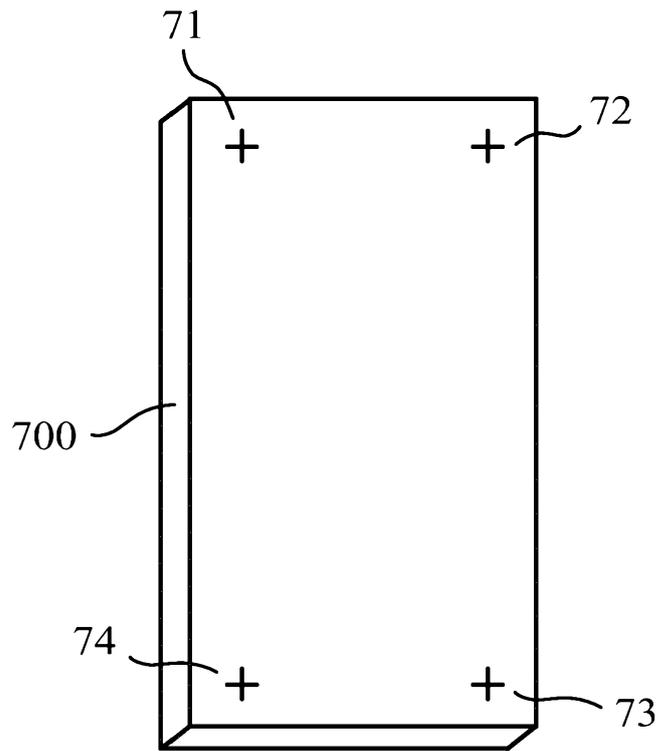
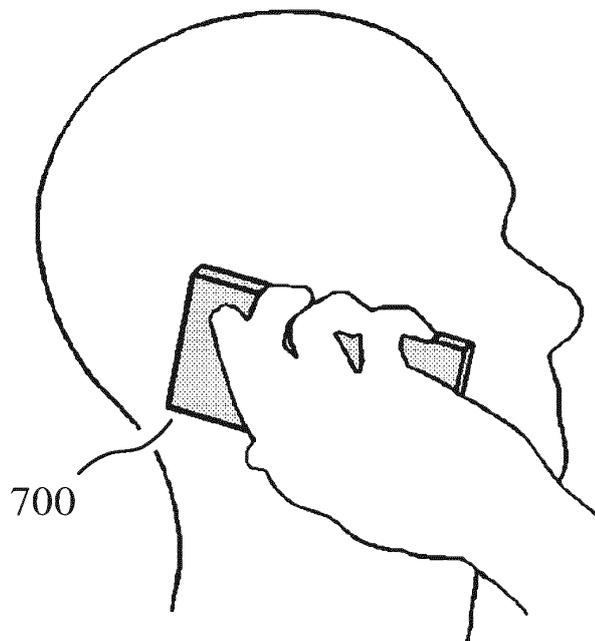


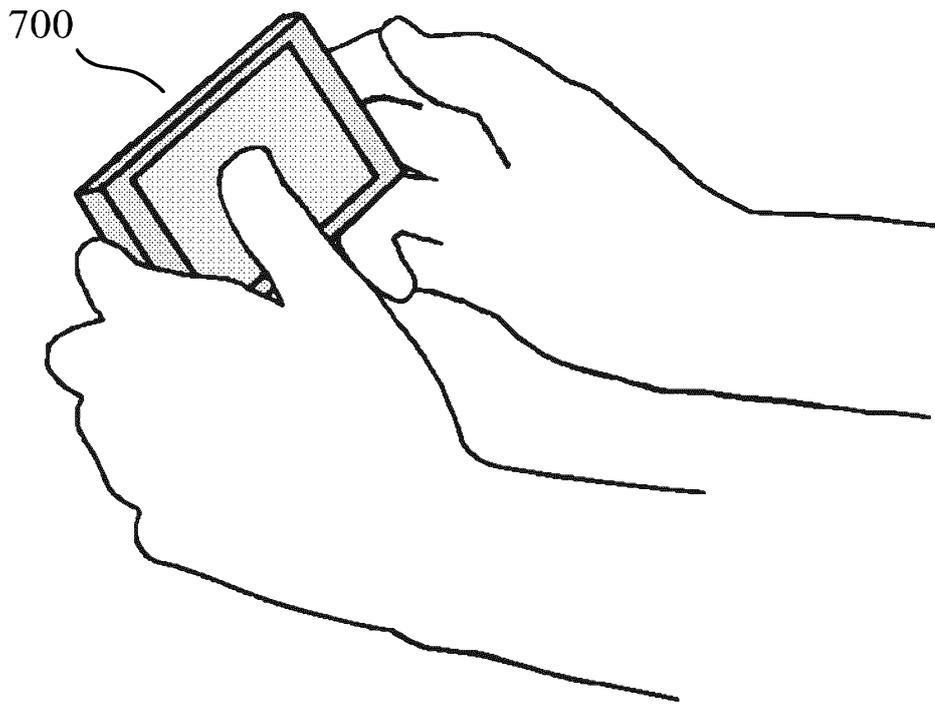
FIG. 14



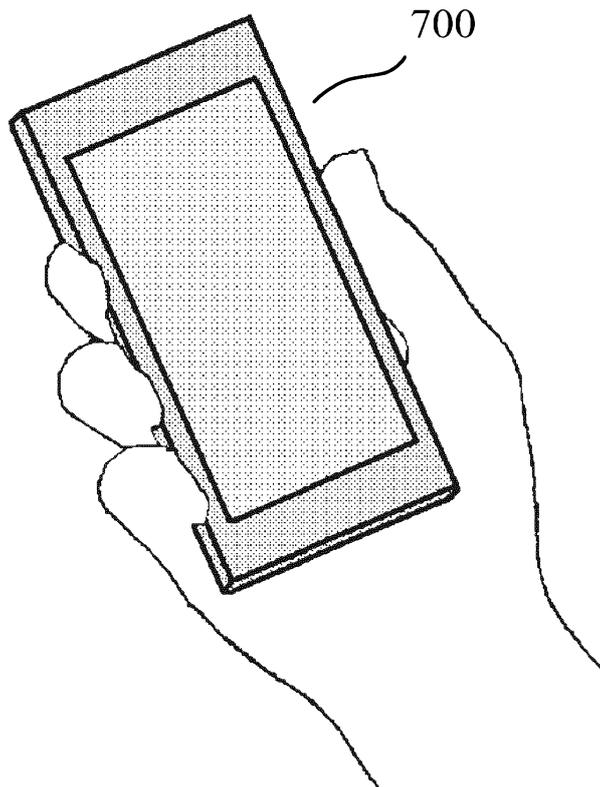
**FIG. 15**



**FIG. 16**



**FIG. 17**



**FIG. 18**

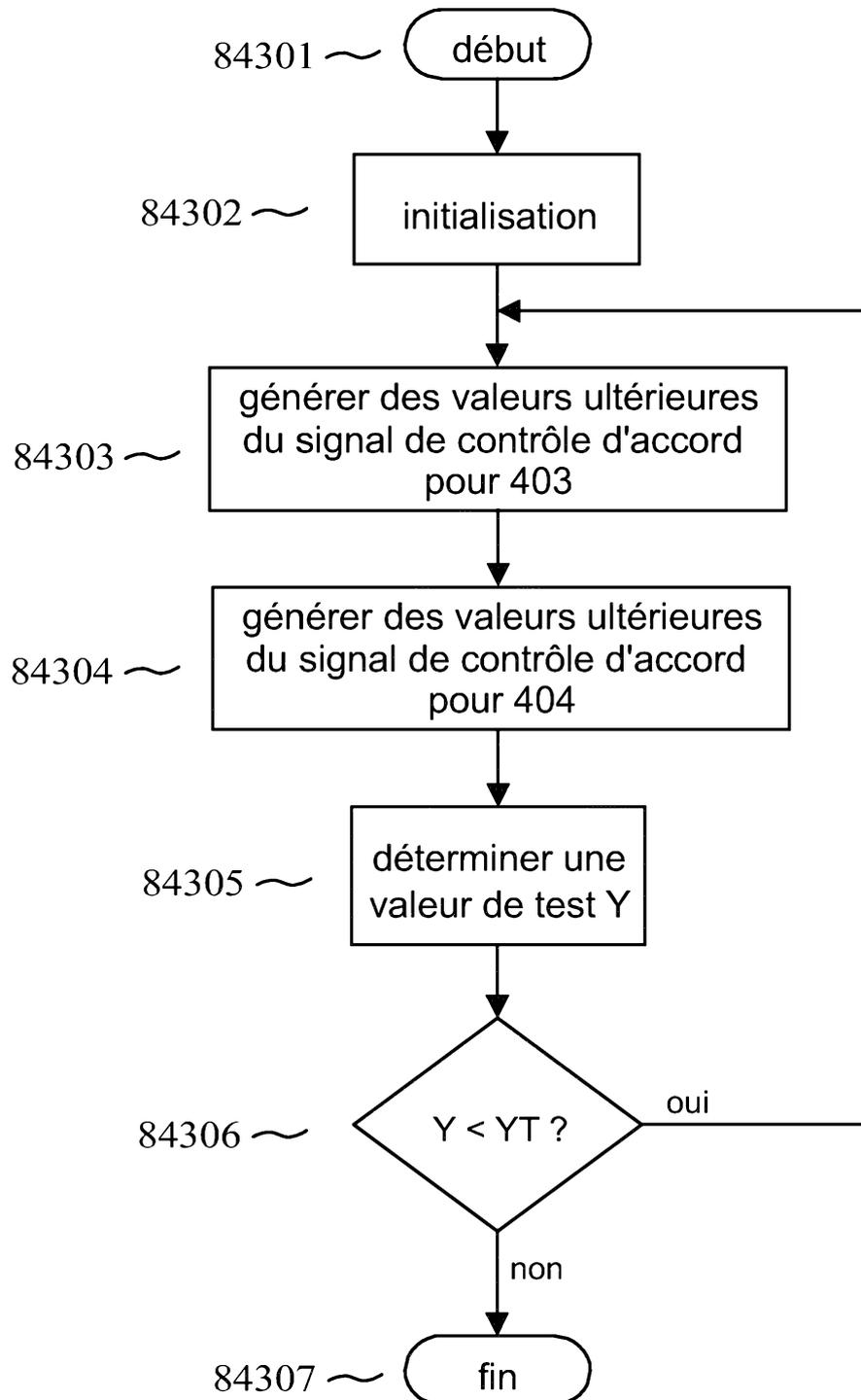


FIG. 19

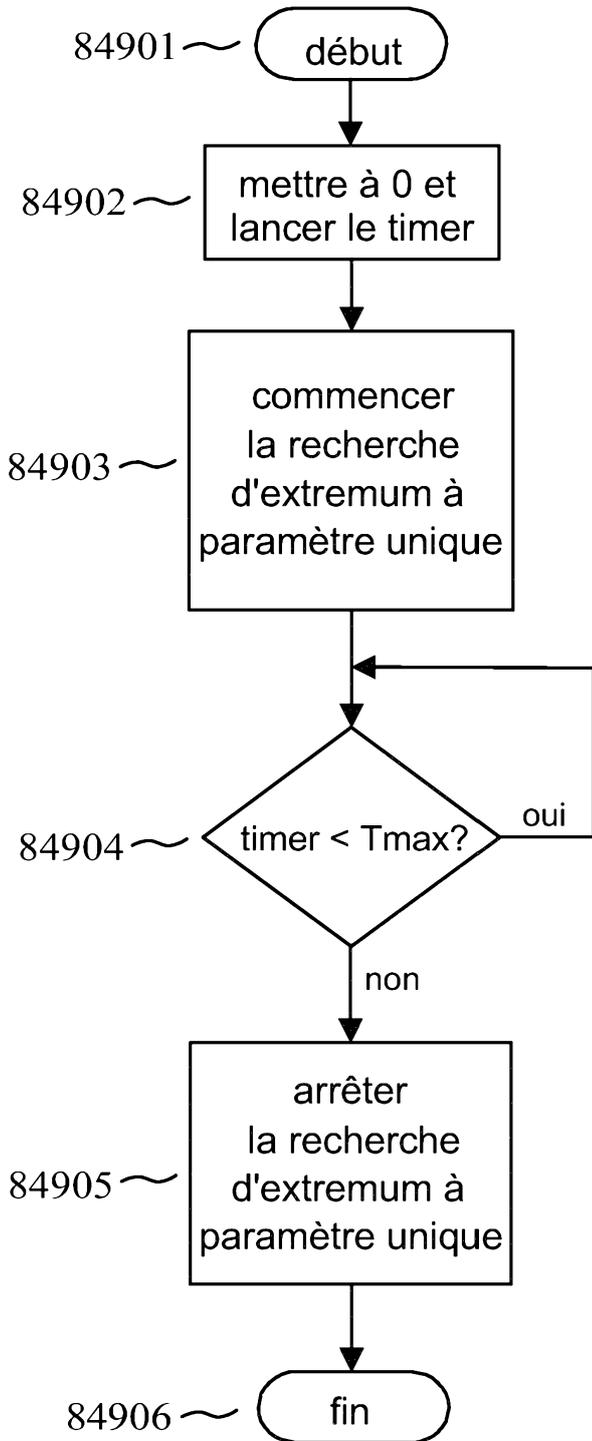


FIG. 20

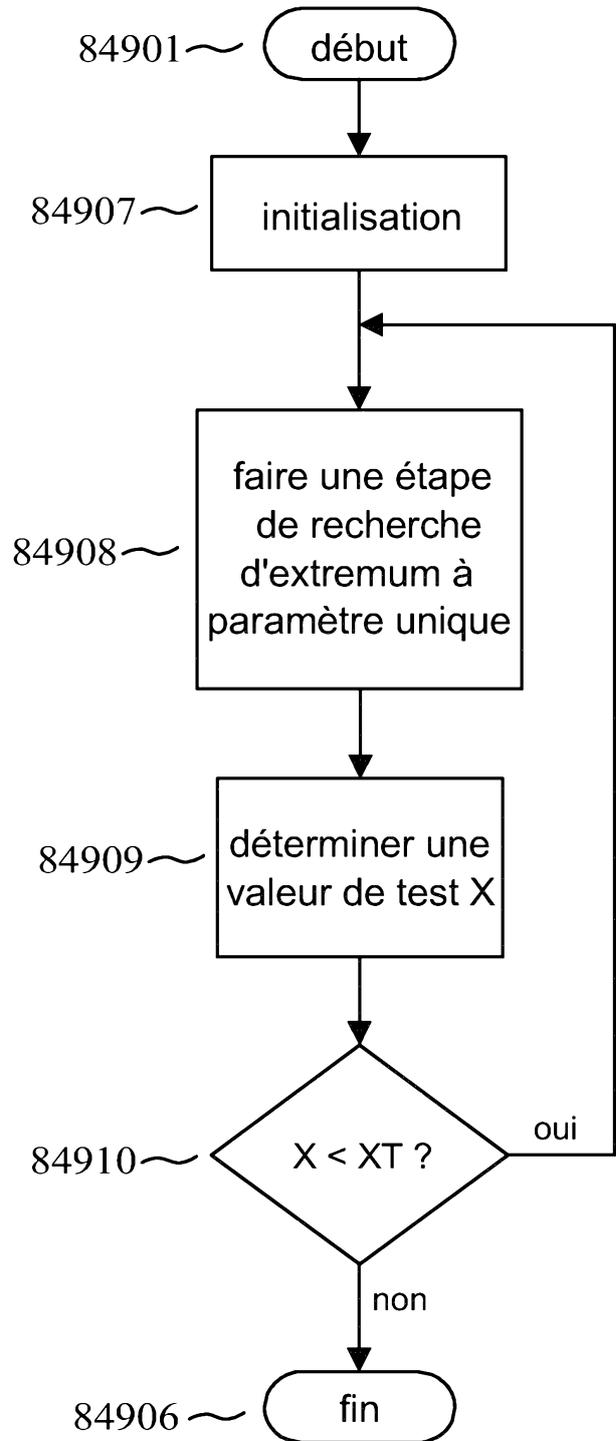
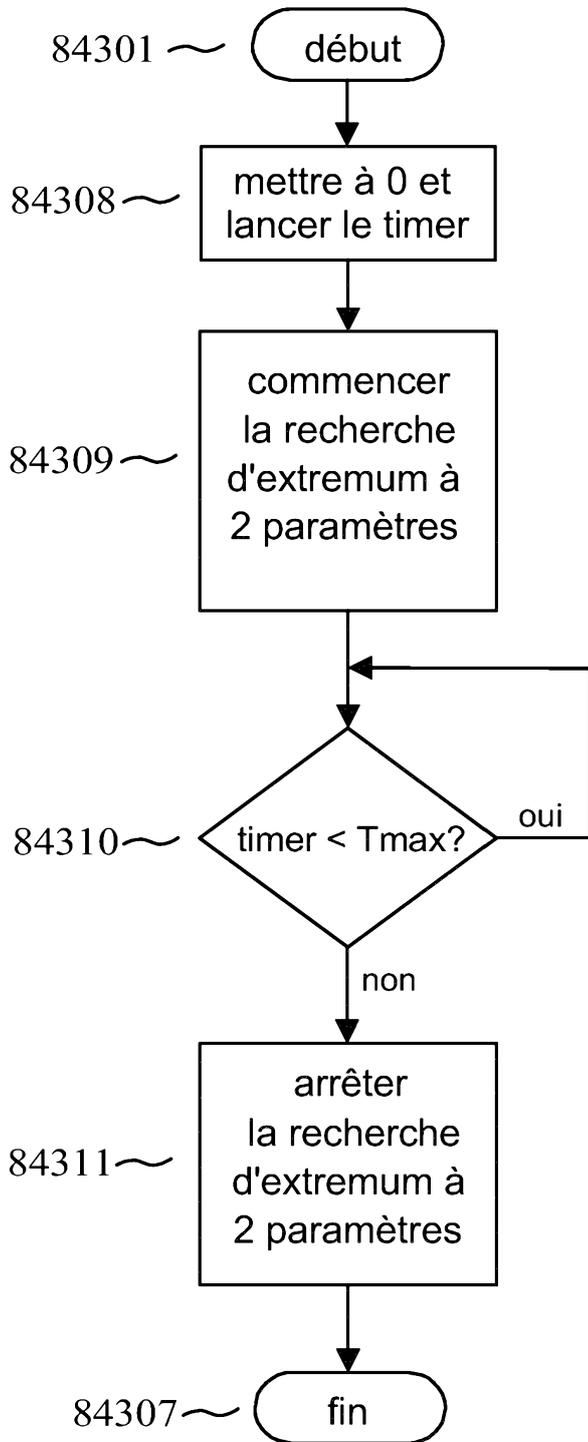
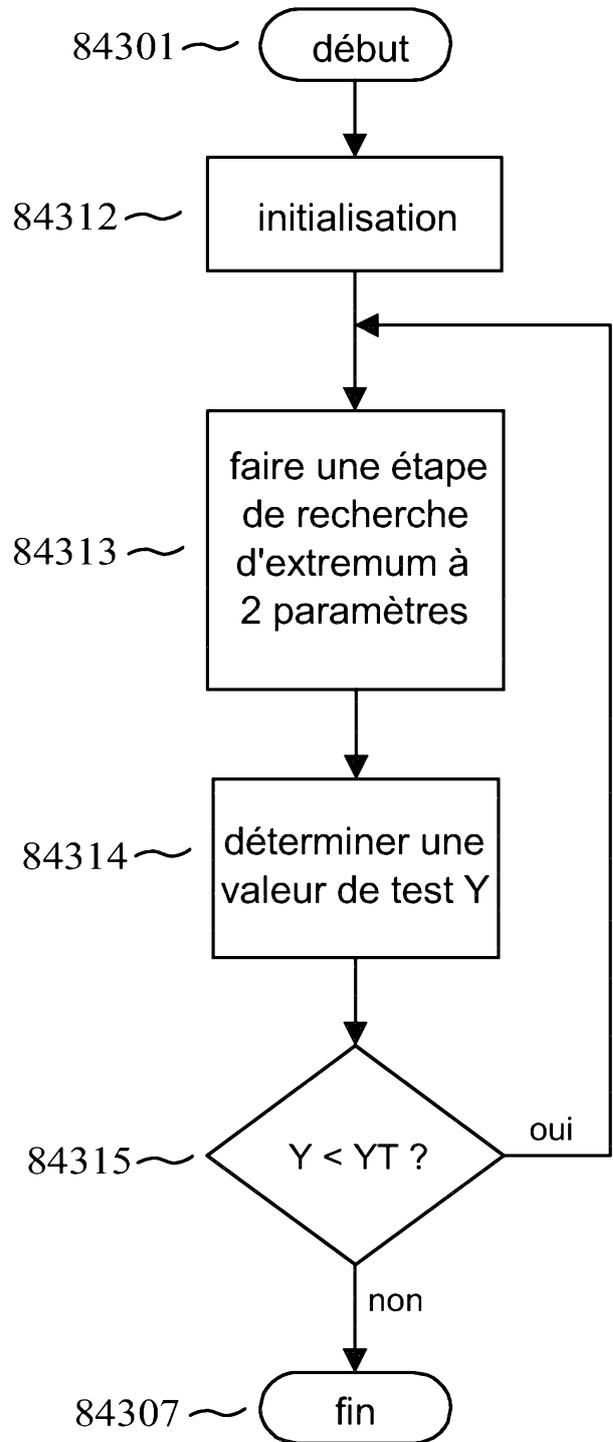


FIG. 21



**FIG. 22**



**FIG. 23**

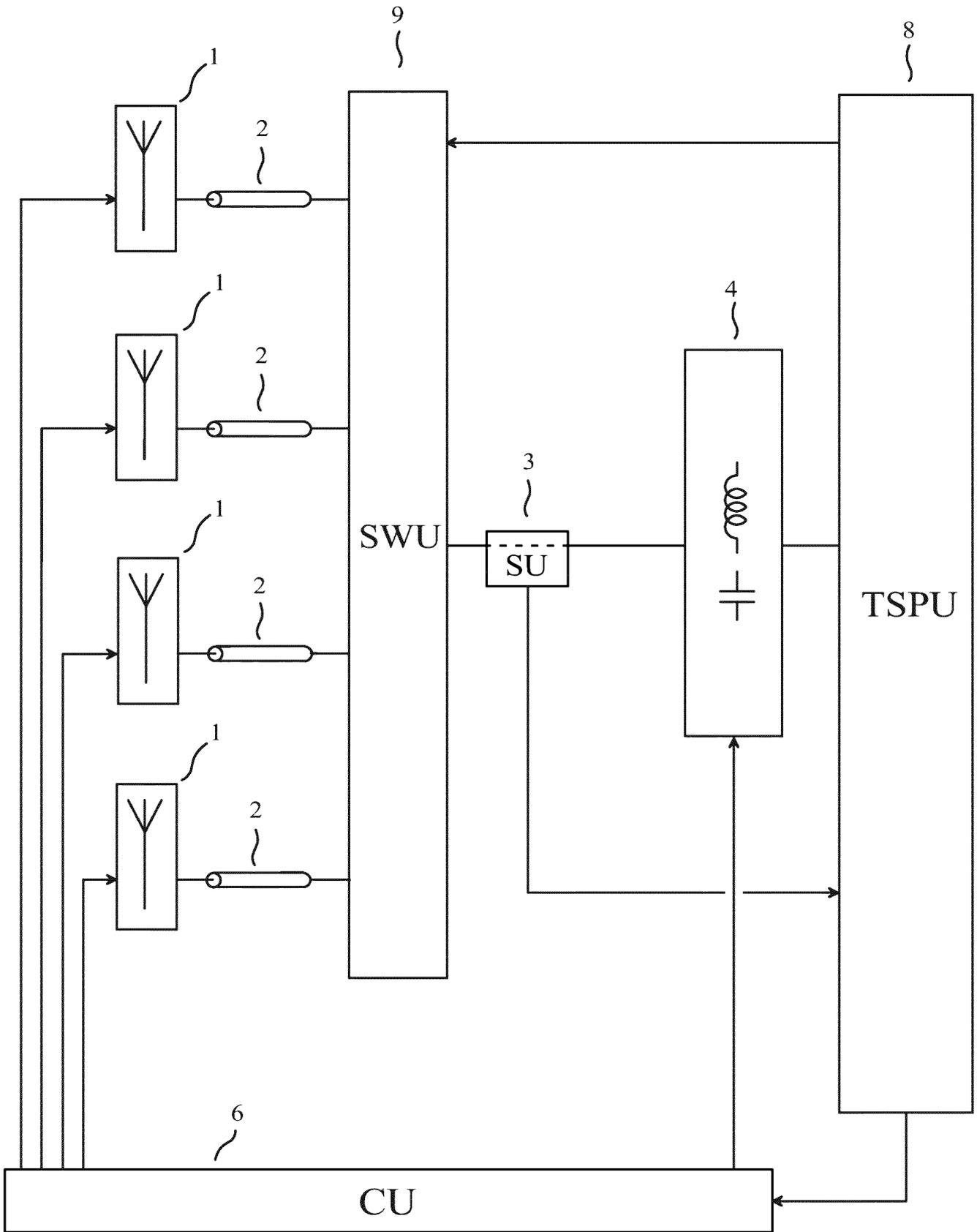


FIG. 24

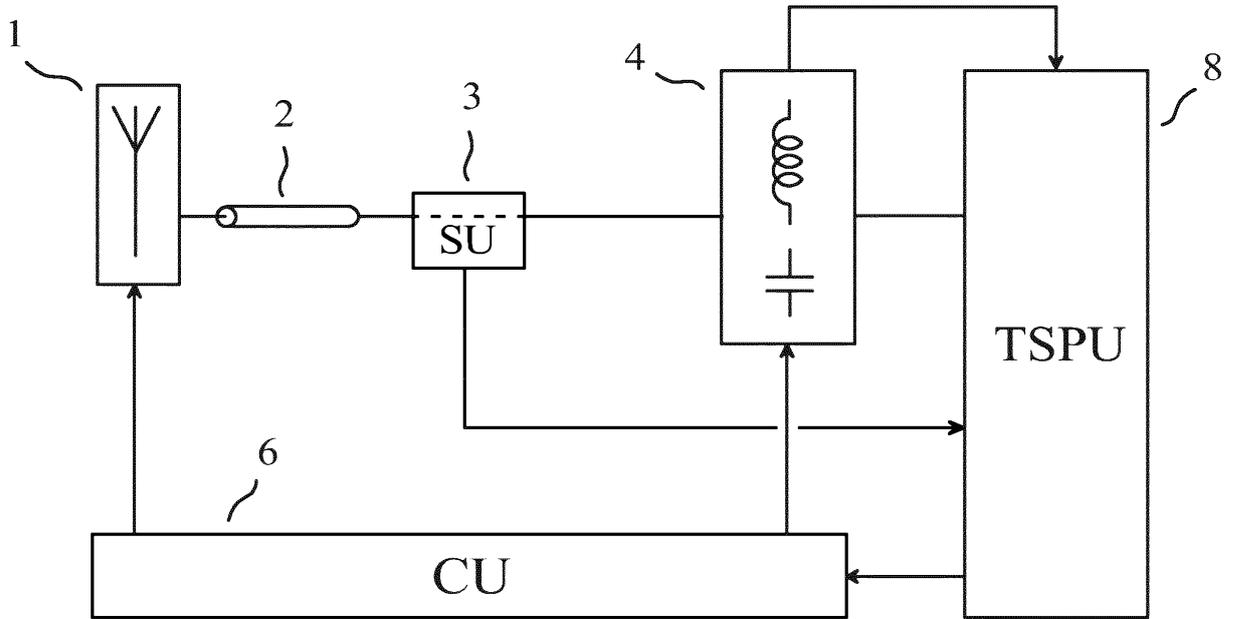


FIG. 25

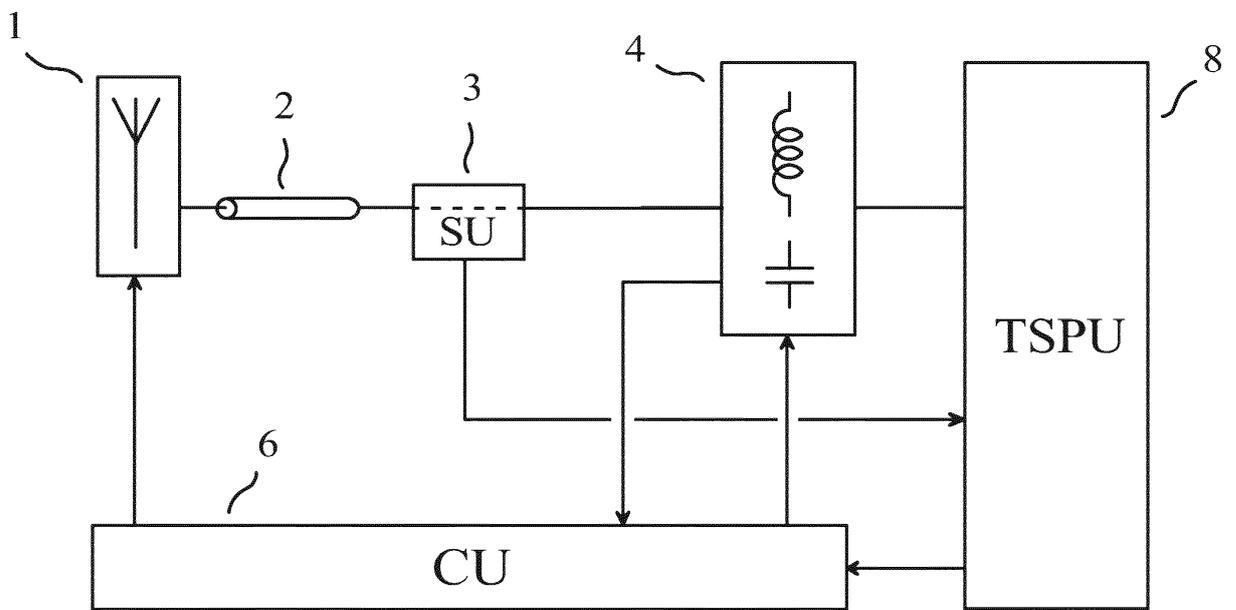


FIG. 26

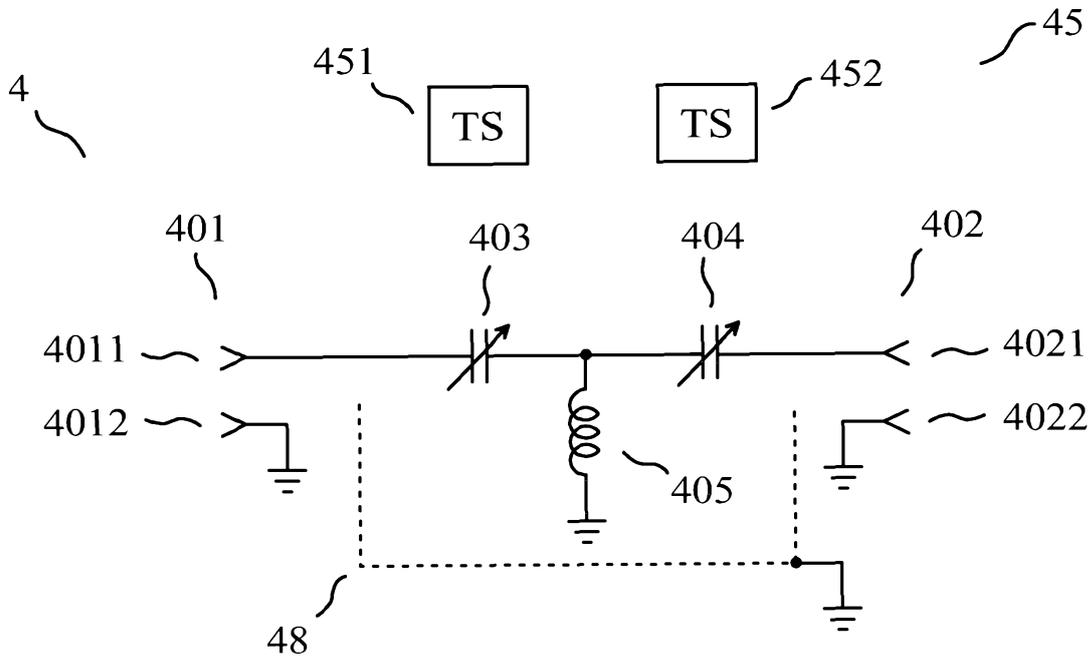


FIG. 27

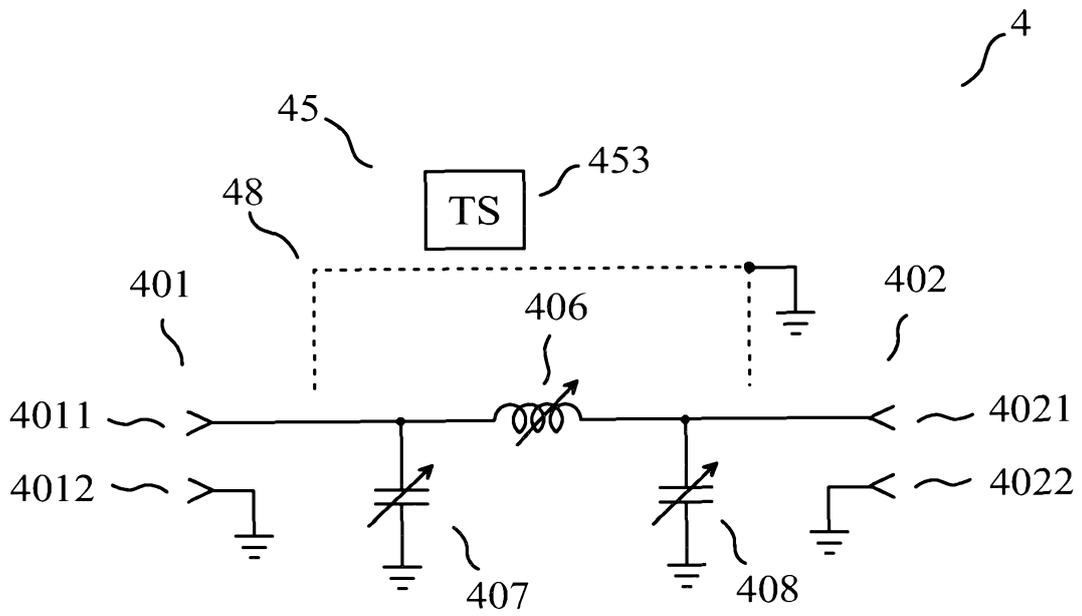


FIG. 28

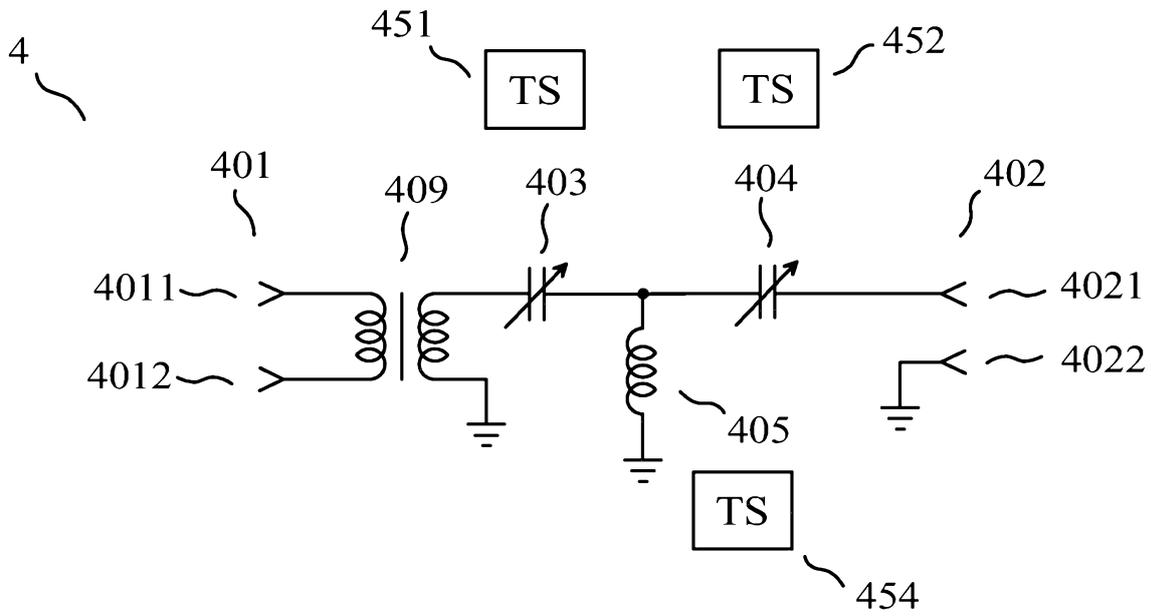


FIG. 29

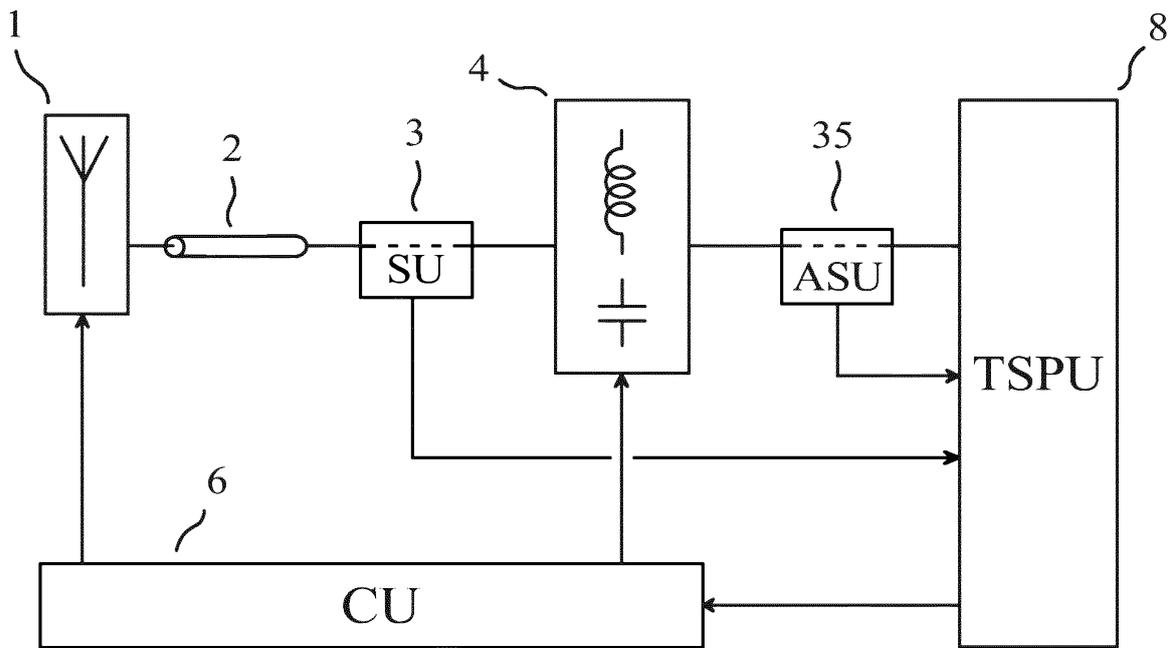


FIG. 30

# RAPPORT DE RECHERCHE

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

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

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

NEANT

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

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

US 2008/122723 A1 (ROFOUGARAN AHMADREZA REZA [US]) 29 mai 2008 (2008-05-29)

CARLOS OLALLA ET AL: "Analysis and Comparison of Extremum Seeking Control Techniques", INDUSTRIAL ELECTRONICS, 2007. ISIE 2007. IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON, IEEE, PI, 1 juin 2007 (2007-06-01), pages 72-76, XP031156112, ISBN: 978-1-4244-0754-5

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

NEANT