

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

①① N° de publication : **3 003 710**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
②① N° d'enregistrement national : **13 00665**
⑤① Int Cl⁸ : **H 04 B 1/06 (2016.01)**

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ PROCÉDE ET DISPOSITIF POUR LA RECEPTION RADIO UTILISANT UNE PLURALITE D'ANTENNES ET UN AMPLIFICATEUR A ACCES D'ENTREE MULTIPLES ET ACCES DE SORTIE MULTIPLES.

②② Date de dépôt : 21.03.13.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la demande : 26.09.14 Bulletin 14/39.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 15.07.16 Bulletin 16/28.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥① Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

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

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

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

⑦④ Mandataire(s) : SANTARELLI.

FR 3 003 710 - B1



Procédé et dispositif pour la réception radio utilisant une pluralité d'antennes et un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

5

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

15 ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

La figure 1 montre un exemple d'un schéma bloc de récepteur pour communication radio moderne utilisant une pluralité d'antennes simultanément. Chacune des 3 antennes (1) est couplée à l'entrée d'un amplificateur à faible bruit à entrée unique et sortie unique (4). La sortie de chaque amplificateur à faible bruit à entrée unique et sortie unique (4) est connectée à l'entrée d'un circuit de traitement analogique et de conversion (5) qui produit en sortie des signaux numériques. La sortie de chaque circuit de traitement analogique et de conversion (5) est connectée à une entrée d'un dispositif de traitement du signal à entrées multiples (6), dont la sortie est reliée au destinataire (7). Par exemple, dans le cas d'un récepteur superhétérodyne, chaque circuit de traitement analogique et de conversion (5) peut mettre en oeuvre les principales étapes suivantes : changement de fréquence, filtrage et amplification du signal en fréquence intermédiaire, démodulation et conversion analogique/numérique des signaux I et Q. Par exemple, le dispositif de traitement du signal à entrées multiples (6) peut mettre en oeuvre les principales étapes suivantes : démodulation OFDM de chaque signal d'entrée, décodage espace-temps (en anglais: "space-time decoding"), décodage canal, décodage source. Dans le cas où le récepteur de la figure 1 est utilisé avec des émetteurs utilisant aussi plusieurs antennes, l'étape de décodage espace-temps est parfois appelé décodage MIMO.

La matrice impédance Z_{ANT} d'un réseau d'antennes à accès multiples est non diagonale lorsque les interactions entre antennes sont non négligeables, les modules des éléments non diagonaux de la matrice impédance étant généralement plus grands lorsque les antennes sont plus proches les unes des autres. Il est bien connu qu'un réseau d'antennes utilisé pour recevoir des signaux radio délivre une puissance maximale lorsqu'il voit une charge présentant une

matrice impédance égale à \mathbf{Z}_{ANT}^* , où \mathbf{Z}_{ANT}^* est la matrice adjointe de \mathbf{Z}_{ANT} , c'est-à-dire une matrice égale à la matrice transposée de la matrice complexe conjuguée de \mathbf{Z}_{ANT} . Dans ce cas, il y a transfert de puissance maximal.

Dans le récepteur pour communication radio utilisant plusieurs antennes représenté sur la figure 1, nous notons que les circuits électriques des amplificateurs à faible bruit à entrée unique et sortie unique (4) et des circuits de traitement analogique et de conversion (5) forment autant de voies analogiques indépendantes qu'il y a d'antennes. Ainsi, le réseau d'antennes voit une charge présentant une matrice impédance diagonale. Par conséquent, si les antennes forment un réseau d'antennes dans lequel une ou plusieurs interactions entre les antennes ne peuvent être négligées, un transfert de puissance maximal et/ou des rapports signal sur bruit optimaux aux entrées des circuits de traitement analogique et de conversion (5) ne peuvent être obtenus en utilisant le récepteur pour communication radio utilisant une pluralité d'antennes représenté sur la figure 1, parce que dans ce cas \mathbf{Z}_{ANT} est non diagonale. Ceci constitue une première limitation du récepteur montré sur la figure 1, si l'on souhaite utiliser un réseau d'antennes compact.

Lorsque les antennes sont placées à proximité les unes des autres, les tensions de circuit ouvert reçues par les antennes deviennent fortement corrélées. Dans le récepteur montré sur la figure 1, ce phénomène diminue la vitesse de transmission qui peut être atteinte. Ceci constitue une deuxième limitation du récepteur montré sur la figure 1, si l'on souhaite utiliser un réseau d'antennes compact.

L'article de R.A. Spiale intitulé "Advanced Design of Phased-Array Beam-Forming Networks", publié dans la revue *IEEE Antennas & Propagation Magazine*, vol. 38, No. 4, pages 22 à 34, en août 1996, et l'article de J.W. Wallace et M.A. Jensen intitulé "Termination-Dependent Diversity Performance of Coupled Antennas: Network Theory Analysis", publié dans la revue *IEEE Transactions on Antennas Propagation*, vol. 52, No. 1, pages 98 à 105, en janvier 2004, montrent que la réception radio utilisant plusieurs antennes peut être améliorée si on utilise un réseau d'adaptation linéaire passif à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples, ayant ses bornes d'entrée connectées aux antennes couplées et ses bornes de sortie connectées à des charges non couplées, pourvu que le réseau d'adaptation linéaire passif à entrées multiples et sorties multiples ait des caractéristiques convenables.

La figure 2 montre un exemple de schéma bloc d'un récepteur pour communication radio utilisant une pluralité d'antennes et un tel réseau d'adaptation linéaire passif à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples. Chacune des 3 antennes (1) est couplée, directement ou à travers une liaison d'antenne aussi appelée "feeder", à un accès d'entrée du réseau d'adaptation linéaire passif à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (2). Chacun des accès de sortie du réseau d'adaptation linéaire passif à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (2) est relié à l'entrée d'un amplificateur à faible bruit à entrée unique et sortie unique (4). Dans la figure 2, les circuits de traitement analogique et de conversion (5) et le dispositif de traitement du signal à entrées multiples (6) sont utilisés comme dans la figure 1

pour produire le signal délivré au destinataire (7). Dans le récepteur montré sur la figure 2, il est possible d'obtenir un transfert de puissance maximal, une décorrélation des signaux et des rapports signal sur bruit optimaux aux entrées des circuits de traitement analogique et de conversion (5). Cependant ces résultats souhaités sont sensibles à une bonne adéquation entre la valeur de Z_{ANT} et les caractéristiques du réseau d'adaptation linéaire passif à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (2). Malheureusement, la valeur de Z_{ANT} varie, en particulier lorsque la fréquence d'utilisation est modifiée à l'intérieur d'une bande de fréquences d'utilisation prévue, ou lorsque les caractéristiques électromagnétiques du volume entourant les antennes sont modifiées, par exemple un mouvement de main de l'utilisateur d'un téléphone portable. Par conséquent, le récepteur montré sur la figure 2 ne surmonte pas effectivement les limitations du récepteur montré sur la figure 1.

La figure 3 montre un exemple de schéma bloc d'un récepteur pour communication radio utilisant une pluralité d'antennes et un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples, divulgué dans le brevet français numéro 0606502, intitulé "Procédé et dispositif pour la réception radioélectrique utilisant une pluralité d'antennes", correspondant au brevet des États-Unis d'Amérique numéro 7,983,645 intitulé "Method and device for radio reception using a plurality of antennas". Dans la figure 3, le récepteur pour communication radio comporte 4 antennes (1) connectées aux accès d'entrée d'un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (3) ayant 4 accès d'entrée et 4 accès de sortie. Chaque accès de sortie de l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (3) est connectée à l'entrée d'un circuit de traitement analogique et de conversion (5) qui produit en sortie des signaux numériques. La sortie de chaque circuit de traitement analogique et de conversion est connectée à une entrée d'un dispositif de traitement du signal à entrées multiples (6), dont la sortie est reliée au destinataire (7). Dans le récepteur montré sur la figure 3, il est possible d'obtenir un transfert de puissance maximal, une décorrélation des signaux et des rapports signal sur bruit optimaux aux entrées des circuits de traitement analogique et de conversion. Cependant, ces résultats souhaités sont sensibles à une bonne adéquation entre la valeur de Z_{ANT} et les caractéristiques de l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples, si bien que le récepteur montré sur la figure 3 ne surmonte pas efficacement les limitations du récepteur montré sur la figure 1.

Une approche différente est divulguée dans le brevet des États-Unis d'Amérique numéro 8,102,830 intitulé "MIMO Radio Communication Apparatus and Method" (inventeurs: A. Yokoi et T. Mitsui) et montrée sur la figure 4, dans laquelle 4 systèmes d'antennes (10) ont chacun une sortie antenne qui est couplée à l'entrée d'un amplificateur à faible bruit à entrée unique et sortie unique (4). La sortie de chaque amplificateur à faible bruit à entrée unique et sortie unique (4) est connectée à l'entrée d'un circuit de traitement analogique et de conversion (5) qui produit en sortie des signaux numériques. La sortie de chaque circuit de traitement analogique et de conversion (5) est connectée à une entrée d'un dispositif de traitement du signal à entrées

multiples (6).

Un système d'antennes (10) comporte typiquement une antenne principale qui est connectée à la sortie antenne du système d'antennes, et au moins deux antennes auxiliaires. Chacune des antennes auxiliaires est connectée à un dispositif à impédance réglable, chacun des dispositifs à impédance réglable ayant une réactance à une fréquence dans une bande de fréquences de fonctionnement, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable étant réglable par moyen électrique. Le spécialiste comprend que chacun des systèmes d'antennes (10) se comporte comme une antenne unique ayant un diagramme de rayonnement qui est réglable par moyen électrique, si bien que ce diagramme de rayonnement peut être appelé le diagramme de rayonnement du système d'antennes (10).

Dans la figure 4, le dispositif de traitement du signal à entrées multiples (6) traite 4 signaux numériques, chacun des signaux numériques étant principalement déterminé par un et un seul des signaux délivrés par les sorties antenne, et délivre un signal à un destinataire (7). Le dispositif de traitement du signal à entrées multiples (6) estime une matrice de canal (en anglais : "channel matrix") entre une pluralité de signaux émis par un émetteur et les 4 signaux délivrés par les sorties antenne, le dispositif de traitement du signal à entrées multiples délivrant des "instructions de diagramme de rayonnement" en fonction de la matrice de canal estimée.

Les 4 unités de contrôle d'antenne (8) montrées sur la figure 4 reçoivent les instructions de diagramme de rayonnement du dispositif de traitement du signal à entrées multiples (6), chacune des unités de contrôle d'antenne (8) délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle du diagramme de rayonnement" à un des systèmes d'antennes (10) en fonction des instructions de diagramme de rayonnement, la réactance d'un ou plusieurs des dispositifs à impédance réglable du dit un des systèmes d'antennes (10) étant principalement déterminée par un ou plusieurs des signaux de contrôle du diagramme de rayonnement.

Le spécialiste comprend que :

- le diagramme de rayonnement de chacun des systèmes d'antennes (10) est principalement déterminé par un ou plusieurs des signaux de contrôle du diagramme de rayonnement, chacun des signaux de contrôle du diagramme de rayonnement étant déterminé en fonction de ladite matrice de canal ;

- la matrice de canal dépend du diagramme de rayonnement de chacun des systèmes d'antennes (10) et donc des signaux de contrôle du diagramme de rayonnement ;

- le récepteur montré sur la figure 4 est adaptatif dans le sens qu'il existe une boucle de rétroaction non linéaire, qui détermine les signaux de contrôle du diagramme de rayonnement.

Dans l'invention divulguée dans ledit brevet des États-Unis d'Amérique numéro 8,102,830, la matrice de canal est utilisée pour calculer une capacité de canal correspondant à une combinaison de diagrammes de rayonnements de la pluralité de systèmes d'antennes, ou de façon équivalente à une combinaison de signaux de contrôle du diagramme de rayonnement. Le processus adaptatif est le suivant : pendant une séquence d'entraînement (en anglais : "training

sequence” ou “pilot sequence”), la capacité de canal est calculée de cette façon pour un ensemble fini de combinaisons de signaux de contrôle du diagramme de rayonnement, et une combinaison de signaux de contrôle du diagramme de rayonnement procurant la plus grande capacité de canal est sélectionnée.

- 5 Le spécialiste comprend que l’invention divulguée dans ledit brevet des États-Unis d’Amérique numéro 8,102,830 peut procurer une décorrélation de signaux en utilisant une méthode adaptative qui peut donner de bons résultats lorsque la fréquence d’utilisation est modifiée à l’intérieur d’une bande de fréquences d’utilisation prévue, ou lorsque les caractéristiques électromagnétiques du volume entourant les antennes sont modifiées.
- 10 Malheureusement, cette invention ne peut pas être utilisée pour obtenir un transfert de puissance maximal ou des rapports signal sur bruit optimaux lorsque les interactions entre les antennes sont non négligeables, car elle exige un grand espacement entre les différents systèmes d’antennes, et elle est coûteuse car, si chaque système d’antennes montré sur la figure 4 comporte une antenne principale et deux antennes auxiliaires, 12 antennes sont utilisées.

15 EXPOSÉ DE L’INVENTION

L’invention a pour objet un procédé et un récepteur pour la réception radio utilisant une pluralité d’antennes et un amplificateur à accès d’entrée multiples et accès de sortie multiples, dépourvus des limitations mentionnées ci-dessus des techniques connues.

- 20 Le procédé selon l’invention pour la réception radio à antennes multiples dans une bande de fréquences donnée, utilisant N antennes, où N est un entier supérieur ou égal à 2, comporte les étapes suivantes :

- amplifier n signaux électriques, où n est un entier supérieur ou égal à 2 et inférieur ou égal à N , en utilisant un amplificateur à accès d’entrée multiples et accès de sortie multiples comportant n accès d’entrée, m accès de sortie, où m est un entier supérieur ou égal à 25 à 2, et p dispositifs à impédance réglable, où p est un entier supérieur ou égal à m , chacun des dispositifs à impédance réglable ayant une réactance à une fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, les accès d’entrée présentant, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, une matrice admittance appelée “la matrice admittance présentée par les accès d’entrée”, la réactance de n’importe lequel des 30 dispositifs à impédance réglable ayant une influence sur la matrice admittance présentée par les accès d’entrée, chacun des accès d’entrée étant couplé, directement ou indirectement, à une des N antennes, la réactance de n’importe lequel des dispositifs à impédance réglable étant réglable par moyen électrique, chacun des accès de sortie délivrant un signal ;
- 35 traiter m signaux numériques, chacun des signaux numériques étant principalement déterminé par un et un seul des signaux délivrés par les accès de sortie, pour estimer

une ou plusieurs quantités représentatives d'une matrice de canal entre une pluralité de signaux émis par un émetteur et les m signaux délivrés par les accès de sortie, et pour délivrer une "instruction d'accord" en fonction des dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une matrice de canal ;

- 5 utiliser l'instruction d'accord pour obtenir un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord", la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable étant principalement déterminée par au moins un des signaux de contrôle d'accord.

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

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

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

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

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

à impédance réglable est basé sur l'utilisation d'une diode à capacité variable ; ou d'un composant MOS à capacité variable (en anglais: "MOS varactor") ; ou d'un composant microélectromécanique à capacité variable (en anglais: "MEMS varactor") ; ou d'un composant ferroélectrique à capacité variable (en anglais: "ferroelectric varactor").

5 Selon l'invention, chacun des accès d'entrée est couplé, directement ou indirectement, à une et une seule des N antennes. Le spécialiste comprend qu'un couplage indirect entre un des accès d'entrée et une et une seule des N antennes peut être un couplage à travers n'importe lequel, ou n'importe quelle combinaison, des dispositifs communément insérés entre une antenne et une entrée antenne d'un récepteur, par exemple un couplage à travers une liaison d'antenne (aussi
10 appelé "feeder") et/ou à travers un commutateur émission/réception (aussi appelé "T/R switch") et/ou un duplexeur.

Le spécialiste comprend que les dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une matrice de canal peuvent par exemple être une estimation de l'information de l'état du canal instantanée (en anglais : "instantaneous channel state information", ou "CSI") qui peut par
15 exemple être obtenue en utilisant une séquence d'entraînement et/ou une estimation de canal orientée par la décision (en anglais : "decision directed channel estimation"). Dans le cas d'une séquence d'entraînement, des signaux connus sont émis par un émetteur et la matrice de canal est estimée en utilisant la connaissance des signaux émis par l'émetteur et des signaux bruités délivrés par les accès de sortie.

20 Le spécialiste comprend que :

- la matrice admittance présentée par les accès d'entrée peut être modifiée par les dits un ou plusieurs signaux de contrôle d'accord, chacun des signaux de contrôle d'accord étant déterminé en fonction des dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une matrice de canal ;
- comme la matrice de canal, les dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une
25 matrice de canal dépendent de la matrice admittance présentée par les accès d'entrée et donc des signaux de contrôle d'accord ;
- le procédé selon l'invention est adaptatif dans le sens qu'il existe une boucle de rétroaction non linéaire, qui détermine les signaux de contrôle d'accord.

Un récepteur mettant en oeuvre le procédé selon l'invention est un récepteur pour la
30 réception radio à antennes multiples utilisant N antennes dans une bande de fréquences donnée, où N est un entier supérieur ou égal à 2, comportant :

un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples comportant n accès d'entrée, où n est un entier supérieur ou égal à 2 et inférieur ou égal à N , m accès de sortie, où m est un entier supérieur ou égal à 2, et p dispositifs à impédance réglable,
35 où p est un entier supérieur ou égal à m , chacun des dispositifs à impédance réglable ayant une réactance à une fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, les accès d'entrée présentant, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, une matrice admittance appelée "la matrice admittance présentée par les accès d'entrée",

la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable ayant une influence sur la matrice admittance présentée par les accès d'entrée, chacun des accès d'entrée étant couplé, directement ou indirectement, à une des N antennes, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable étant réglable par moyen électrique, chacun des accès de sortie délivrant un signal ;

5 un dispositif de traitement du signal à entrées multiples traitant m signaux numériques, chacun des signaux numériques étant principalement déterminé par un et un seul des signaux délivrés par les accès de sortie, le dispositif de traitement du signal à entrées multiples estimant une ou plusieurs quantités représentatives d'une matrice de canal
10 entre une pluralité de signaux émis par un émetteur et les m signaux délivrés par les accès de sortie, le dispositif de traitement du signal à entrées multiples délivrant une "instruction d'accord" en fonction des dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une matrice de canal ;

une unité de contrôle d'accord, l'unité de contrôle d'accord recevant l'instruction d'accord
15 du dispositif de traitement du signal à entrées multiples, l'unité de contrôle d'accord délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord" à l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples, les signaux de contrôle d'accord étant déterminés en fonction de l'instruction d'accord, la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable étant principalement déterminée par au moins un des signaux de
20 contrôle d'accord.

Le spécialiste comprend que le dispositif de traitement du signal à entrées multiples peut aussi être utilisé pour délivrer un signal à un destinataire.

Le spécialiste comprend que les dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une matrice de canal peuvent par exemple être utilisées pour déterminer une quantité représentative
25 d'une capacité de canal. Dans ce cas, ladite instruction d'accord peut par exemple être déterminée comme étant l'instruction d'accord qui, parmi un ensemble d'instructions d'accord possibles, produit une quantité représentative d'une capacité de canal qui correspond à la plus grande capacité de canal.

Le spécialiste comprend que de nombreuses caractéristiques de l'amplificateur à accès
30 d'entrée multiples et accès de sortie multiples dépendent des caractéristiques d'une charge à accès multiples telle que chaque accès de la charge à accès multiples est connecté à un et un seul des dits accès de sortie. Par exemple, le spécialiste voit que, si la charge à accès multiples est linéaire, les dits accès de sortie voient, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, une matrice impédance appelée "la matrice impédance vue par les accès de sortie", et
35 que la matrice admittance présentée par les accès d'entrée dépend habituellement de la matrice impédance vue par les accès de sortie. Par conséquent, le spécialiste comprend que, dans ce cas, l'expression "la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable ayant une influence sur la matrice admittance présentée par les accès d'entrée" signifie implicitement "la

réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable ayant, si la matrice impédance vue par les accès de sortie est égale à une matrice impédance donnée, une influence sur la matrice admittance présentée par les accès d'entrée". Selon l'invention, la matrice impédance donnée peut être une matrice diagonale. Nous notons que la matrice admittance présentée par les accès d'entrée peut aussi être appelée "matrice admittance d'entrée chargée", c'est-à-dire la matrice admittance d'entrée obtenue dans une configuration où chaque accès d'une charge à accès multiples donnée est connecté à un et un seul des dits accès de sortie. Bien sûr, si la charge à accès multiples donnée est linéaire, la matrice impédance de la charge à accès multiples donnée est la matrice impédance donnée.

10 Selon l'invention, l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples peut, pour une instruction d'accord donnée, être tel que la matrice admittance présentée par les accès d'entrée est une matrice carrée non diagonale.

Selon l'invention, l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples peut, pour une instruction d'accord donnée, être tel que la matrice admittance présentée par les accès d'entrée est voisine d'une matrice admittance recherchée, la matrice admittance recherchée étant une matrice carrée inversible et non diagonale.

15 Selon l'invention, l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples peut, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, pour une instruction d'accord donnée, avoir une matrice de gain en tension voisine d'une matrice de gain spécifiée, la matrice de gain spécifiée étant une matrice carrée non diagonale.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

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

- 25 - la figure 1 représente le schéma-bloc d'un récepteur pour communication radio utilisant plusieurs antennes, comportant autant de canaux analogiques indépendants qu'il y a d'antennes, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- la figure 2 représente le schéma-bloc d'un récepteur pour communication radio utilisant plusieurs antennes, comportant un réseau d'adaptation linéaire passif à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- 30 - la figure 3 représente le schéma-bloc d'un récepteur pour communication radio utilisant plusieurs antennes, comportant un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- 35

- la figure 4 représente le schéma-bloc d'un récepteur pour communication radio utilisant plusieurs systèmes d'antennes tels que le diagramme de rayonnement de chaque système d'antennes est réglable par moyen électrique, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- 5 - la figure 5 représente le schéma-bloc d'un récepteur pour communication radio selon l'invention (premier, deuxième et troisième modes de réalisation) ;
- la figure 6 représente le schéma-bloc d'un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série utilisé dans le deuxième mode de réalisation.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE CERTAINS MODES DE RÉALISATION

10 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 5 le schéma bloc d'un récepteur pour communication radio utilisant une pluralité d'antennes, pour recevoir dans une bande de fréquences donnée, comportant :

15 $N = 4$ antennes (1) ;

un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (3) comportant $n = 4$ accès d'entrée, $m = 4$ accès de sortie, et p dispositifs à impédance réglable, où p est un entier supérieur ou égal à m , chacun des dispositifs à impédance réglable ayant une réactance à une fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, les accès d'entrée présentant, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, une matrice admittance appelée "la matrice admittance présentée par les accès d'entrée", la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable ayant une influence sur la matrice admittance présentée par les accès d'entrée, chacun des accès d'entrée étant couplé, directement ou à travers une liaison d'antenne, à une et une seule des N antennes (1), la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable étant réglable par moyen électrique, chacun des accès de sortie délivrant un signal ;

20 m circuits de traitement analogique et de conversion (5), chacun des dits accès de sortie étant couplé à une entrée d'un des circuits de traitement analogique et de conversion, chacun des circuits de traitement analogique et de conversion ayant une sortie qui

25 délivre des signaux numériques ;

un dispositif de traitement du signal à entrées multiples (6) traitant les m signaux numériques délivrés par les sorties des circuits de traitement analogique et de conversion, le dispositif de traitement du signal à entrées multiples délivrant un signal à un destinataire (7), le dispositif de traitement du signal à entrées multiples estimant

30 des quantités représentatives d'une matrice de canal entre une pluralité de signaux

35

émis par un émetteur et les m signaux délivrés par les accès de sortie, le dispositif de traitement du signal à entrées multiples calculant une ou plusieurs quantités représentatives d'une capacité de canal en fonction des dites quantités représentatives d'une matrice de canal, et délivrant une "instruction d'accord" en fonction des dites

5 une ou plusieurs quantités représentatives d'une capacité de canal ;

une unité de contrôle d'accord (9), l'unité de contrôle d'accord recevant l'instruction d'accord du dispositif de traitement du signal à entrées multiples, l'unité de contrôle d'accord délivrant des "signaux de contrôle d'accord" à l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples, les signaux de contrôle d'accord étant

10 déterminés en fonction de l'instruction d'accord, la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable étant déterminée par au moins un des signaux de contrôle d'accord.

Par exemple, il est possible que tout élément diagonal de la matrice admittance présentée par les accès d'entrée soit influencé par la réactance d'au moins un des dispositifs à impédance

15 réglable. Par exemple, la réactance d'au moins un des dispositifs à impédance réglable peut avoir une influence sur au moins un élément non diagonal de la matrice admittance présentée par les accès d'entrée.

Le spécialiste comprend que, pour calculer les dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une capacité de canal, le dispositif de traitement du signal à entrées multiples

20 (6) peut estimer au moins une quantité représentative d'un rapport signal sur bruit de réception. Dans ce premier mode de réalisation, le processus adaptatif est tel que, la plupart du temps, l'instruction d'accord utilisée pour la réception est une instruction d'accord qui, parmi un ensemble d'instructions d'accord possibles, produit des valeurs des dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une capacité de canal qui correspondent à une des plus grandes

25 capacités de canal (ou de façon préférentielle, à la plus grande capacité de canal).

Le récepteur pour transmission radio à antennes multiples est tel que l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples produit une densité spectrale de bruit réduite.

Notons Z_{SANT} la matrice impédance vue par les accès d'entrée de l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples. Le spécialiste comprend que Z_{SANT} dépend de la

30 matrice impédance du réseau d'antennes à accès multiple formé par les dites antennes, notée Z_{ANT} comme ci-dessus, si bien que Z_{SANT} dépend des caractéristiques électromagnétiques du volume entourant les antennes. En particulier, si le réseau d'antennes à accès multiple est réalisé dans un émetteur-récepteur portable, par exemple un équipement utilisateur (en anglais: "user equipment" ou "UE") d'un réseau radio LTE, le corps de l'utilisateur a un effet sur Z_{SANT} , et

35 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").

Dans ce premier mode de réalisation, les antennes (1), l'amplificateur à accès d'entrée

multiples et accès de sortie multiples (3), les circuits de traitement analogique et de conversion (5) et le dispositif de traitement du signal à entrées multiples (6) forment un récepteur radio divulgué dans la revendication 7 du dit brevet des États-Unis d'Amérique numéro 7,983,645. Ainsi, le spécialiste comprend que le récepteur montré sur la figure 5 peut procurer un transfert
5 de puissance maximal, une décorrélation des signaux et des rapports signal sur bruit optimaux aux entrées des circuits de traitement analogique et de conversion (5), en dépit des variations de Z_{SANT} par exemple causées par une variation de la fréquence d'utilisation à l'intérieur d'une bande de fréquences d'utilisation prévue, ou par l'interaction utilisateur. De plus, le récepteur montré sur la figure 5 ne nécessite pas un grand nombre d'antennes ou un grand espacement
10 entre elles comme le récepteur montré sur la figure 4. Par conséquent, le récepteur montré sur la figure 5 surmonte effectivement les limitations de l'état de l'art antérieur.

Deuxième mode de réalisation.

Le deuxième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également au récepteur pour communication radio utilisant une
15 pluralité d'antennes représenté sur la figure 5, et toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation sont applicables à ce deuxième mode de réalisation. De plus, dans ce deuxième mode de réalisation, l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (3) comporte un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série. Ce type d'amplificateur est par exemple divulgué dans le brevet français numéro
20 0600388, intitulé "Amplificateur à entrées multiples et sorties multiples", correspondant au brevet des États-Unis d'Amérique numéro 7,642,849 intitulé "Multiple-input and multiple-output amplifier", et dans le brevet français numéro 0605633, intitulé "Amplificateur à entrées multiples et sorties multiples utilisant l'induction mutuelle dans le réseau de rétroaction", correspondant au brevet des États-Unis d'Amérique numéro 7,940,119 intitulé "Multiple-input
25 and multiple-output amplifier using mutual induction in the feedback network".

Plus précisément, l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (3) comporte un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série montré sur la figure 6, comportant 4 bornes d'entrée signal (31), 4 sous-circuits actifs (33), un réseau de rétroaction (34), et 4 bornes de sortie signal (32). Le réseau de rétroaction a une
30 matrice impédance à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée. Le réseau de rétroaction comporte une pluralité d'enroulements, les enroulements du réseau de rétroaction étant tels que, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, l'induction mutuelle entre les différents enroulements a une influence non négligeable sur un ou plusieurs éléments non diagonaux de la matrice impédance du réseau de rétroaction.

35 Les dispositifs à impédance réglable font partie du réseau de rétroaction, si bien que la matrice impédance du réseau de rétroaction est réglable par moyen électrique. Le spécialiste

comprend qu'il est possible d'obtenir que :

- le réseau de rétroaction produise une rétroaction négative (contre-réaction) telle que, pour une instruction d'accord donnée, la matrice admittance présentée par les accès d'entrée soit voisine d'une matrice admittance recherchée, la matrice admittance recherchée étant une matrice carrée inversible et non diagonale ;
- le réseau de rétroaction produise une rétroaction négative telle que, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, pour une instruction d'accord donnée, l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples ait une matrice de gain en tension voisine d'une matrice de gain spécifiée, la matrice de gain spécifiée étant une matrice carrée non diagonale.

10 Dans ce deuxième mode de réalisation, le processus adaptatif est mis en oeuvre pendant une ou plusieurs séquences d'entraînement. Le processus adaptatif est le suivant : pendant chacune des dites séquences d'entraînement, les dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une capacité de canal sont calculées pour un ensemble fini d'instructions d'accord, et une instruction d'accord est sélectionnée, l'instruction d'accord sélectionnée étant une instruction d'accord pour
15 laquelle les dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une capacité de canal correspondent soit à une des plus grandes capacités de canal, soit, de façon préférentielle, à la plus grande capacité de canal. L'instruction d'accord sélectionnée pendant la dernière séquence d'entraînement achevée est utilisée pour la réception.

20 Le spécialiste comprend que toute petite variation de la matrice impédance du réseau d'antennes, produite par un changement de fréquence d'utilisation ou un changement du milieu entourant les antennes, peut être partiellement ou totalement compensée par un nouveau réglage des dispositifs à impédance réglable, obtenu automatiquement grâce au processus adaptatif. Ainsi, il est toujours possible d'obtenir une bonne performance.

Troisième mode de réalisation.

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

30 Dans ce troisième mode de réalisation, le dispositif de traitement du signal à entrées multiples (6) effectue des corrélations entre des séquences d'entraînement connues qui sont émises par un émetteur pendant des intervalles de temps connus, et les signaux délivrés par les accès de sortie, pour estimer des quantités représentatives d'une matrice de canal entre une pluralité de signaux émis par un émetteur et les m signaux délivrés par les accès de sortie. Le spécialiste comprend comment une telle méthode peut être mise en oeuvre. Par exemple, ledit
35 émetteur comportant plusieurs antennes d'émission, une des dites séquences d'entraînement peut comporter une pluralité de signaux quasi-orthogonaux ou orthogonaux, chacun des dits signaux

quasi-orthogonaux ou orthogonaux étant utilisé comme un des signaux émis par ledit émetteur, chacun des dits signaux quasi-orthogonaux ou orthogonaux étant émis à travers une et une seule des dites antennes d'émission.

5 Dans ce troisième mode de réalisation, le processus adaptatif est mis en oeuvre pendant une ou plusieurs séquences d'entraînement. Le processus adaptatif est le suivant : pendant chacune des dites séquences d'entraînement, une capacité de canal est calculée pour un ensemble fini d'instructions d'accord, et une instruction d'accord produisant la plus grande capacité de canal est sélectionnée. L'instruction d'accord sélectionnée pendant la dernière séquence d'entraînement achevée est utilisée pour la réception.

10 INDICATIONS SUR LES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

L'invention est adaptée à la réception radio utilisant des antennes multiples. Ainsi, l'invention est adaptée à la communication radio MIMO.

15 L'invention procure les meilleures caractéristiques possibles en utilisant des antennes très proches, présentant donc une forte interaction entre les antennes. L'invention est donc particulièrement adaptée aux dispositifs de réception mobiles, par exemple ceux utilisés dans les radiotéléphones portables ou les ordinateurs portables.

L'invention procure les meilleures caractéristiques possibles en utilisant un très grand nombre d'antennes dans un volume donné, présentant donc une forte interaction entre les antennes. L'invention est donc particulièrement adaptée aux dispositifs de réception à hautes performances, par exemple ceux utilisés dans les stations fixes des réseaux cellulaires de radiotéléphonie.

20 Un récepteur radio selon l'invention peut être utilisé dans un dispositif qui comporte aussi un émetteur radio ayant une ou plusieurs parties en commun avec le récepteur radio selon l'invention. Par exemple, des antennes utilisées dans un récepteur radio selon l'invention
25 peuvent aussi être des parties d'un émetteur radio.

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour la réception radio à antennes multiples dans une bande de fréquences donnée, utilisant N antennes, où N est un entier supérieur ou égal à 2, le procédé comportant les étapes
- 5 suivantes :
- amplifier n signaux électriques, où n est un entier supérieur ou égal à 2 et inférieur ou égal à N , en utilisant un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples comportant n accès d'entrée, m accès de sortie, où m est un entier supérieur ou égal à 2, et p dispositifs à impédance réglable, où p est un entier supérieur ou égal à m ,
- 10 chacun des dispositifs à impédance réglable ayant une réactance à une fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, les accès d'entrée présentant, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, une matrice admittance appelée "la matrice admittance présentée par les accès d'entrée", la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable ayant une influence sur la matrice admittance
- 15 présentée par les accès d'entrée, chacun des accès d'entrée étant couplé, directement ou indirectement, à une des N antennes, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable étant réglable par moyen électrique, chacun des accès de sortie délivrant un signal ;
- traiter m signaux numériques, chacun des signaux numériques étant principalement
- 20 déterminé par un et un seul des signaux délivrés par les accès de sortie, pour estimer une ou plusieurs quantités représentatives d'une matrice de canal entre une pluralité de signaux émis par un émetteur et les m signaux délivrés par les accès de sortie, et pour délivrer une "instruction d'accord" en fonction des dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une matrice de canal ;
- 25 utiliser l'instruction d'accord pour obtenir un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord", la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable étant principalement déterminée par au moins un des signaux de contrôle d'accord.
2. Récepteur pour la réception radio à antennes multiples utilisant N antennes dans une bande de fréquences donnée, où N est un entier supérieur ou égal à 2, le récepteur comportant :
- 30 un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (3) comportant n accès d'entrée, où n est un entier supérieur ou égal à 2 et inférieur ou égal à N , m accès de sortie, où m est un entier supérieur ou égal à 2, et p dispositifs à impédance réglable, où p est un entier supérieur ou égal à m , chacun des dispositifs à impédance réglable ayant une réactance à une fréquence dans ladite bande de fréquences donnée,
- 35 les accès d'entrée présentant, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, une matrice admittance appelée "la matrice admittance présentée par les accès d'entrée", la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable ayant

une influence sur la matrice admittance présentée par les accès d'entrée, chacun des accès d'entrée étant couplé, directement ou indirectement, à une des N antennes (1), la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable étant réglable par moyen électrique, chacun des accès de sortie délivrant un signal ;

5 un dispositif de traitement du signal à entrées multiples (6) traitant m signaux numériques, chacun des signaux numériques étant principalement déterminé par un et un seul des signaux délivrés par les accès de sortie, le dispositif de traitement du signal à entrées multiples estimant une ou plusieurs quantités représentatives d'une matrice de canal entre une pluralité de signaux émis par un émetteur et les m signaux délivrés par les
10 accès de sortie, le dispositif de traitement du signal à entrées multiples délivrant une "instruction d'accord" en fonction des dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une matrice de canal ;

une unité de contrôle d'accord (9), l'unité de contrôle d'accord recevant l'instruction d'accord du dispositif de traitement du signal à entrées multiples, l'unité de contrôle
15 d'accord délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle d'accord" à l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples, les signaux de contrôle d'accord étant déterminés en fonction de l'instruction d'accord, la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable étant principalement déterminée par au moins un des signaux de contrôle d'accord.

20 3. Récepteur pour la réception radio à antennes multiples selon la revendication 2, dans lequel le dispositif de traitement du signal à entrées multiples (6) calcule une ou plusieurs quantités représentatives d'une capacité de canal en fonction des dites quantités représentatives d'une matrice de canal, et délivre l'instruction d'accord en fonction des dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une capacité de canal.

25 4. Récepteur pour la réception radio à antennes multiples selon la revendication 2, dans lequel un processus adaptatif est mis en oeuvre pendant une ou plusieurs séquences d'entraînement.

5. Récepteur pour la réception radio à antennes multiples selon la revendication 4, dans lequel, ledit émetteur comportant plusieurs antennes d'émission, une des dites séquences d'entraînement comporte une pluralité de signaux quasi-orthogonaux ou orthogonaux, chacun
30 des dits signaux quasi-orthogonaux ou orthogonaux étant utilisé comme un des signaux émis par ledit émetteur, chacun des dits signaux quasi-orthogonaux ou orthogonaux étant émis à travers une et une seule des dites antennes d'émission.

6. Récepteur pour la réception radio à antennes multiples selon les revendications 3 et 4, dans lequel, pendant chacune des dites séquences d'entraînement, les dites une ou plusieurs quantités

- représentatives d'une capacité de canal sont calculées pour un ensemble fini d'instructions d'accord, et une instruction d'accord est sélectionnée, l'instruction d'accord sélectionnée étant une instruction d'accord pour laquelle les dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une capacité de canal correspondent à la plus grande capacité de canal, l'instruction d'accord
5 sélectionnée pendant la dernière séquence d'entraînement achevée étant utilisée pour la réception.
7. Récepteur pour la réception radio à antennes multiples selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, dans lequel la réactance d'au moins un des dispositifs à impédance réglable a une influence sur au moins un élément non diagonal de la matrice admittance présentée par
10 les accès d'entrée.
8. Récepteur pour la réception radio à antennes multiples selon l'une quelconque des revendications 2 à 7, dans lequel l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (3) est tel que, pour une instruction d'accord donnée, la matrice admittance présentée par les accès d'entrée est voisine d'une matrice admittance recherchée, la matrice admittance
15 recherchée étant une matrice carrée inversible et non diagonale.
9. Récepteur pour la réception radio à antennes multiples selon l'une quelconque des revendications 2 à 8, dans lequel l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (3) a, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, pour une instruction d'accord donnée, une matrice de gain en tension voisine d'une matrice de gain spécifiée, la
20 matrice de gain spécifiée étant une matrice carrée non diagonale.
10. Récepteur pour la réception radio à antennes multiples selon l'une quelconque des revendications 2 à 9, dans lequel l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (3) comporte un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série.

1 / 6

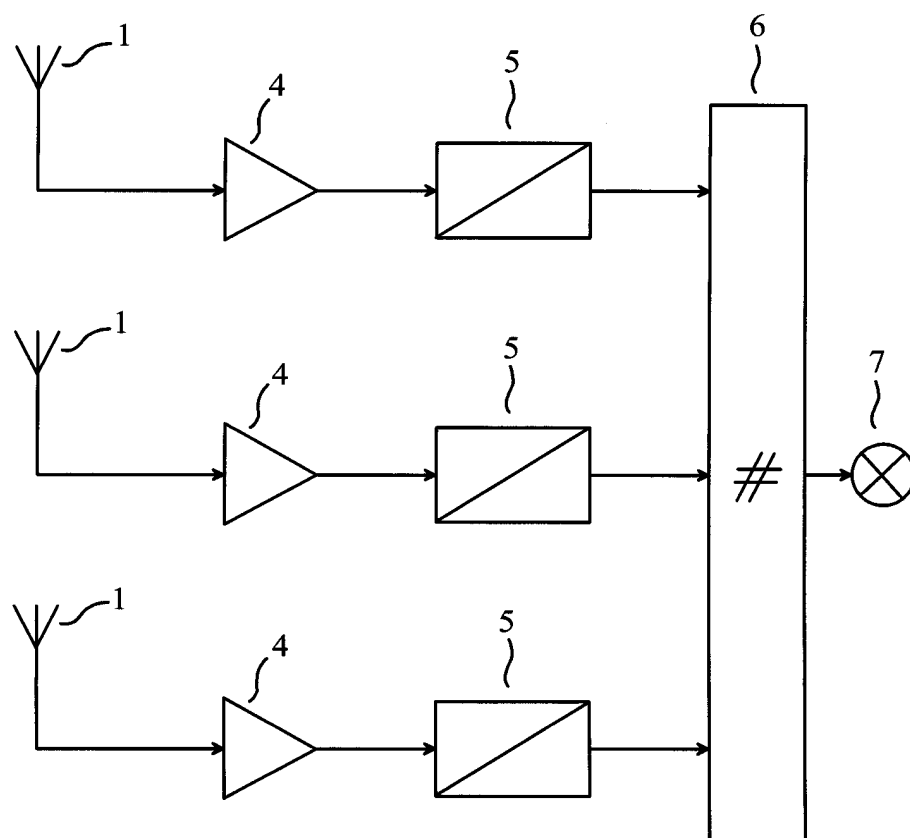


FIG. 1

2 / 6

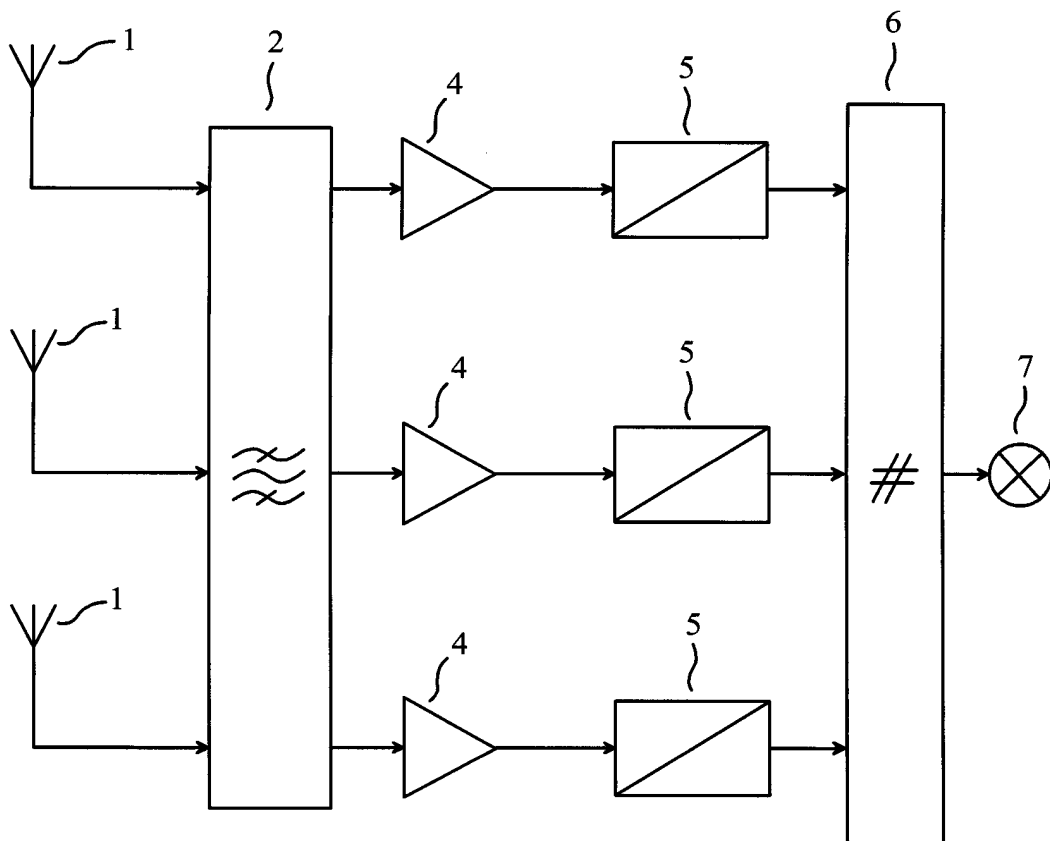


FIG. 2

3 / 6

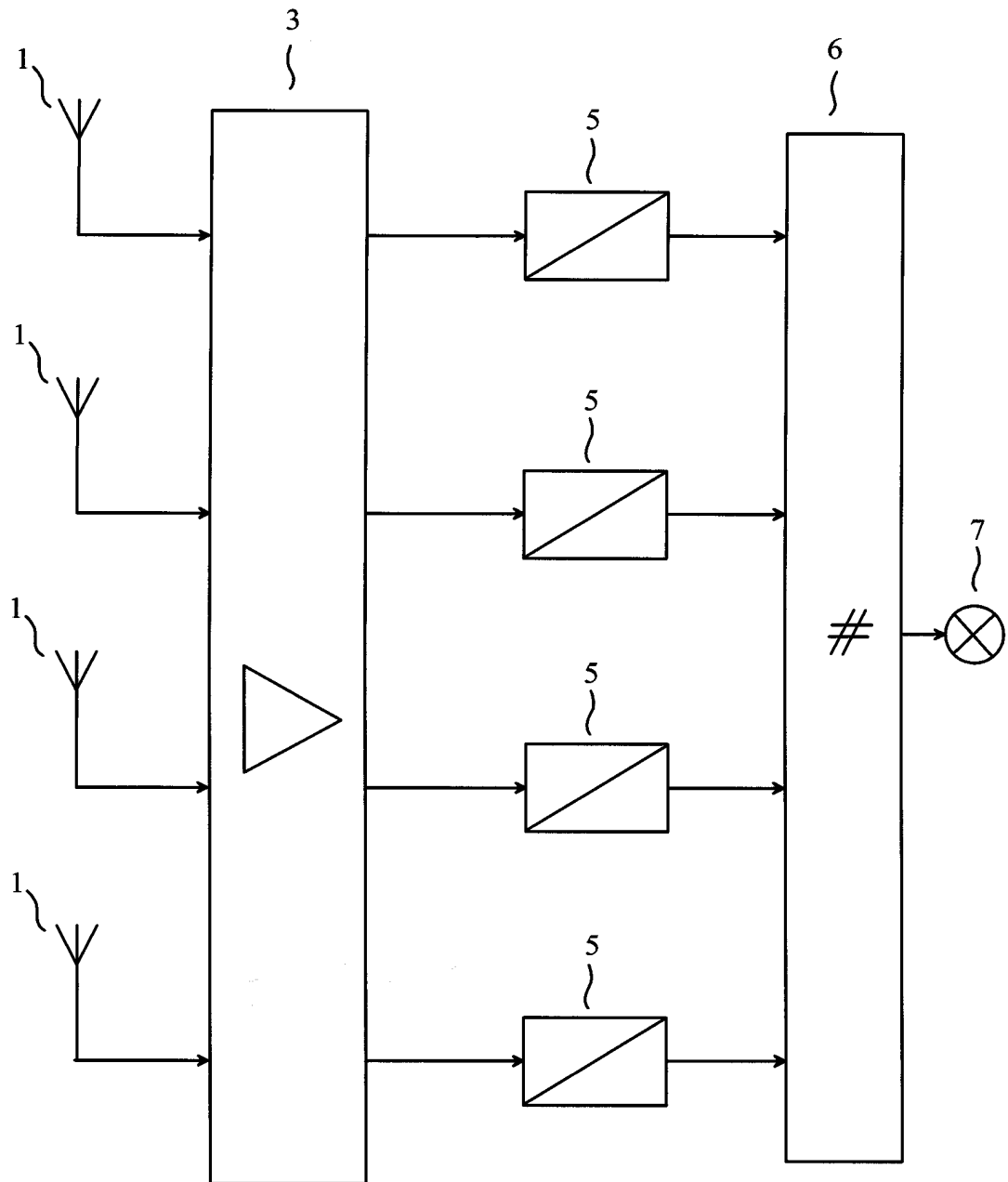


FIG. 3

4 / 6

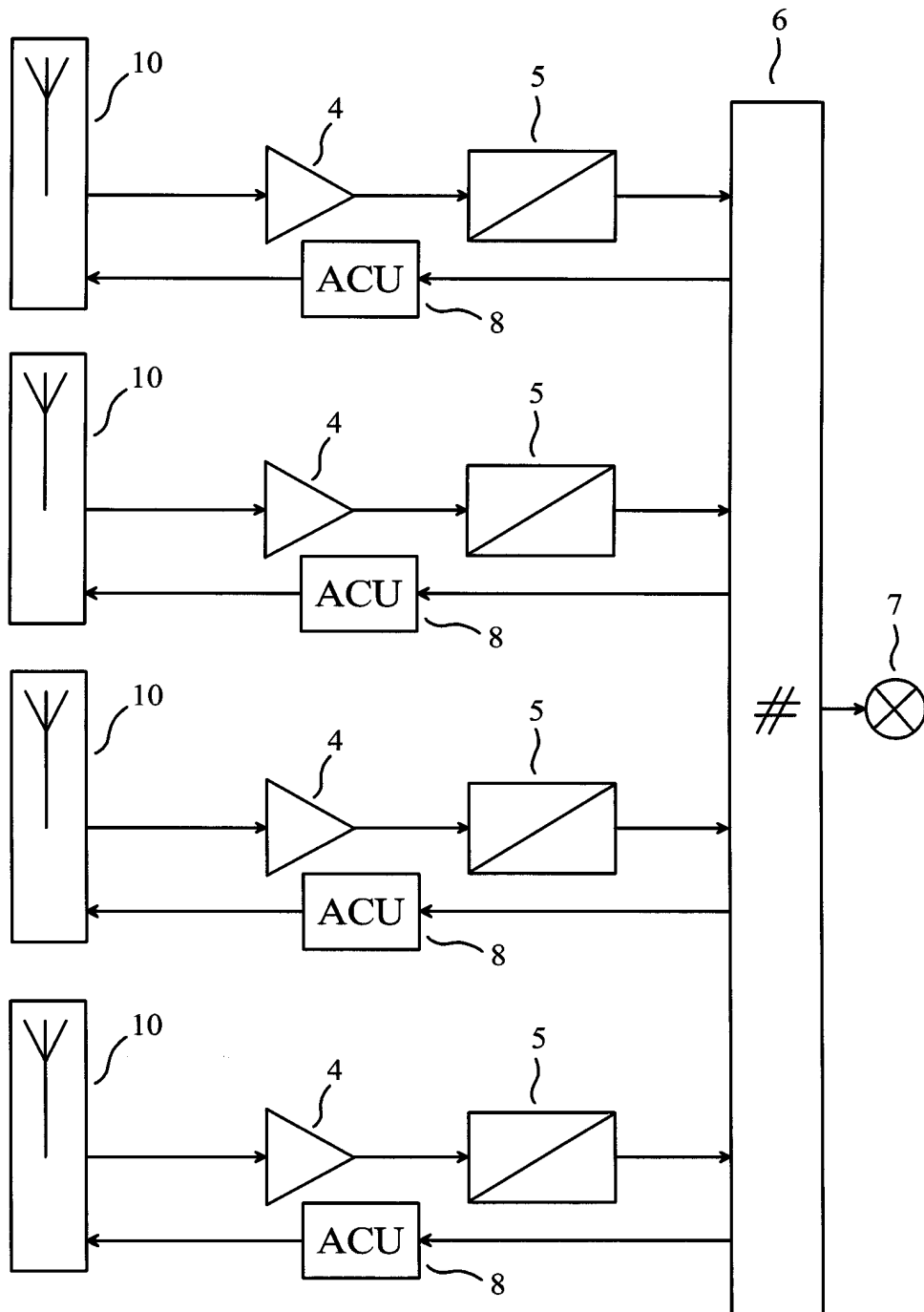


FIG. 4

5 / 6

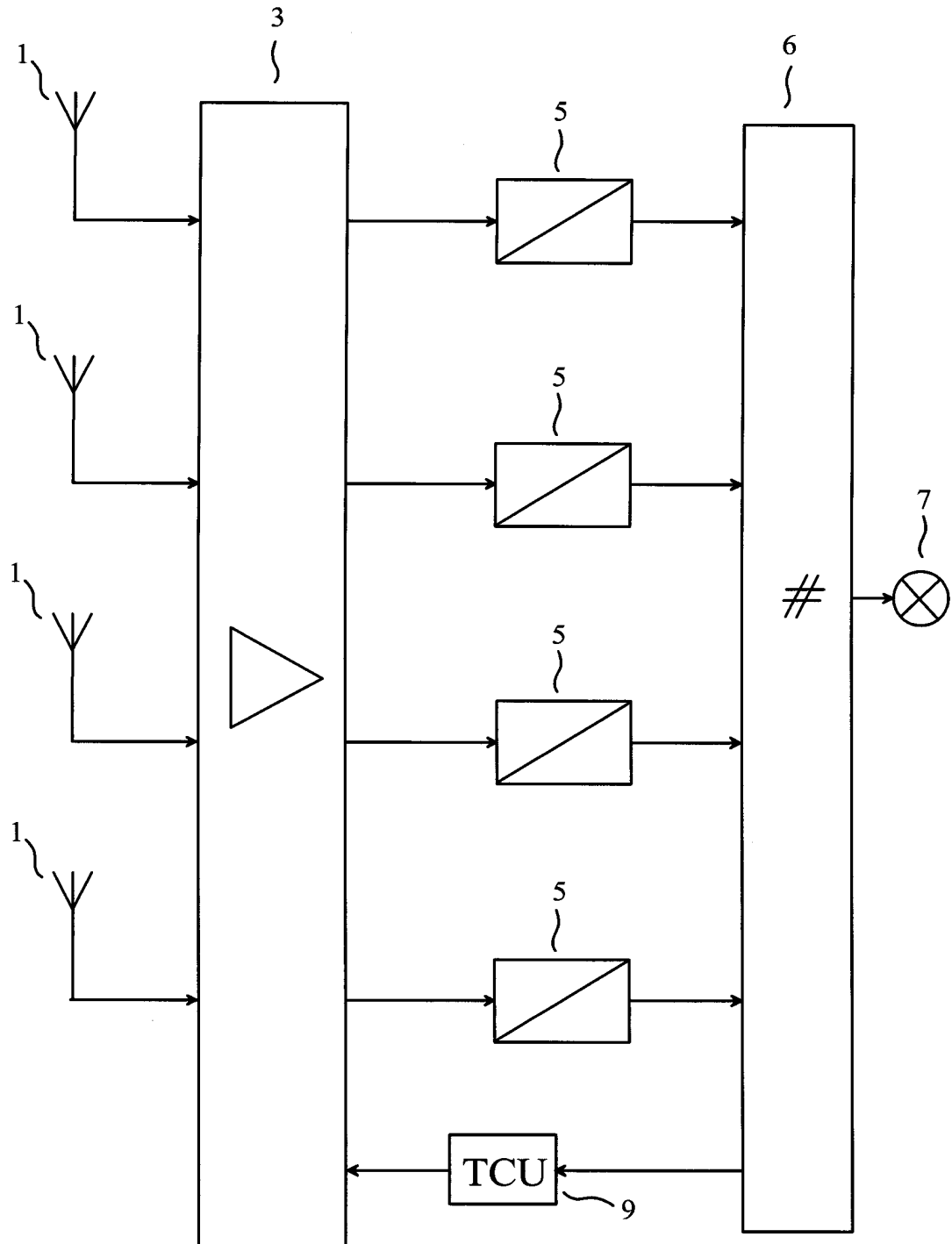


FIG. 5

6 / 6

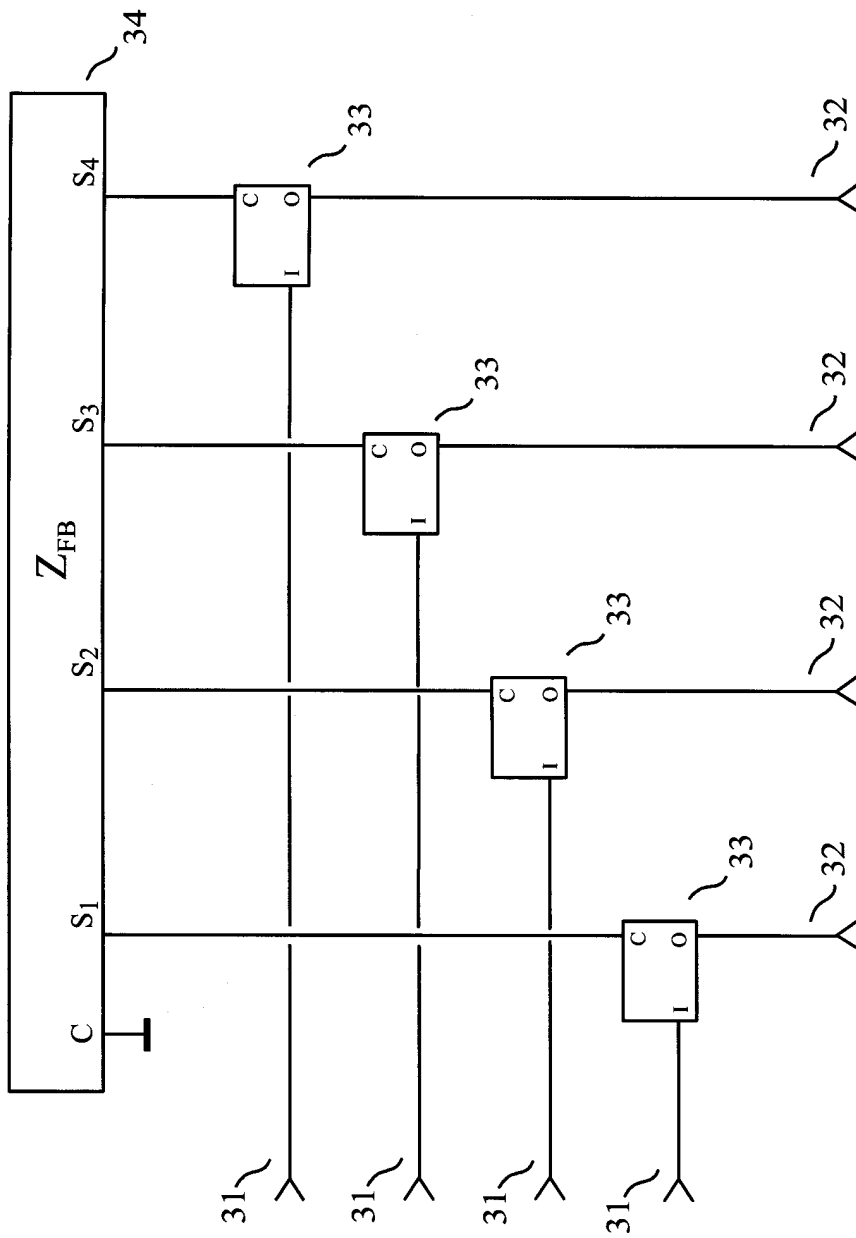


FIG. 6

RAPPORT DE RECHERCHE

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

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

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

WO 2008/030165 A1 (LAU BUON KIONG [SE]; BACH ANDERSEN JOERGEN [DK])
13 mars 2008 (2008-03-13)

SPECIALE R A: "Advanced Design of Phased Array Beam-Forming Networks", ANTENNAS AND PROPAGATION SOCIETY SYMPOSIUM, 2005. IEEE WASHINGTON, DC, JULY 3 - 8, 2005, PISCATAWAY, NJ : IEEE, US, vol. 3B, 3 juillet 2005 (2005-07-03), pages 59-62, XP010860105, DOI: 10.1109/APS.2005.1552431 ISBN: 978-0-7803-8883-3

JENSEN M A ET AL: "Termination-Dependent Diversity Performance of Coupled Antennas: Network Theory Analysis", IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 52, no. 1, 1 janvier 2004 (2004-01-01), pages 98-105, XP011108085, ISSN: 0018-926X, DOI: 10.1109/TAP.2004.835272

US 2007/142004 A1 (YOKOI ATSUYA [JP] ET AL)
21 juin 2007 (2007-06-21)

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

NEANT

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

NEANT

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