

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
—
PARIS
—

①① N° de publication : **2 904 165**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
②① N° d'enregistrement national : **06 06502**
⑤① Int Cl⁸ : **H 04 B 7/08** (2006.01), H 04 B 1/18, H 03 F 3/60

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ PROCÉDE ET DISPOSITIF POUR LA RECEPTION RADIOELECTRIQUE UTILISANT UNE PLURALITE D'ANTENNES.

②② Date de dépôt : 18.07.06.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 25.01.08 Bulletin 08/04.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 28.11.08 Bulletin 08/48.

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 :

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

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

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) :

FR 2 904 165 - B1



Procédé et dispositif pour la réception radioélectrique utilisant une pluralité d'antennes

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

5

L'invention concerne un procédé pour la réception radioélectrique utilisant une pluralité d'antennes et un récepteur pour transmission radio utilisant une pluralité d'antennes. 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 tous les types de transmission, par exemple pour la radiodiffusion, pour des radiocommunications bidirectionnelles point à point ou pour des radiocommunications dans un réseau cellulaire.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

La figure 1 montre un exemple de schéma bloc de récepteur pour transmission radio moderne utilisant une seule antenne. L'antenne (100) est connectée à l'entrée d'un filtre passe-bande (200). La sortie du filtre passe-bande (200) est reliée à l'entrée d'un amplificateur à faible bruit (300). La sortie de l'amplificateur à faible bruit (300) est reliée à l'entrée d'un circuit de traitement analogique et de conversion (400) qui produit en sortie des signaux numériques. La sortie du circuit de traitement analogique et de conversion (400) est reliée à l'entrée d'un dispositif de traitement du signal (500), dont la sortie est reliée au destinataire (600). Par exemple, dans le cas d'un récepteur superhétérodyne, le circuit de traitement analogique et de conversion (400) 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 (500) peut mettre en oeuvre les principales étapes suivantes : désentrelacement, décodage canal, décodage source.

La figure 2 montre un exemple de schéma bloc de récepteur pour transmission radio moderne utilisant une pluralité d'antennes. Chacune des 3 antennes (100) est connectée à l'entrée d'un filtre passe-bande (200). La sortie de chaque filtre passe-bande (200) est reliée à l'entrée d'un amplificateur à faible bruit (300). La sortie de chaque amplificateur à faible bruit (300) est reliée à l'entrée d'un circuit de traitement analogique et de conversion (400) qui produit en sortie des signaux numériques. La sortie de chaque circuit de traitement analogique et de conversion (400) est reliée à une entrée d'un dispositif de traitement du signal à entrées multiples (550), dont la sortie est reliée au destinataire (600). Chaque circuit de traitement analogique et de conversion (400) peut par exemple être identique à un circuit de traitement analogique et de conversion utilisable dans le schéma bloc de la figure 1. Le dispositif de

traitement du signal à entrées multiples (550) peut par exemple 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 2 est utilisé avec des émetteurs utilisant aussi plusieurs antennes, l'étape de décodage espace-temps est parfois appelé décodage MIMO.

Dans le récepteur pour transmission radio moderne utilisant plusieurs antennes représenté sur la figure 2, nous notons que les circuits électriques des filtres passe-bande (200), des amplificateurs à faible bruit (300) et des circuits de traitement analogique et de conversion (400) forment autant de canaux analogiques indépendants qu'il y a d'antennes.

La matrice impédance \mathbf{Z}_{ANT} d'un réseau d'antennes 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. L'article de C.A. Desoer intitulé "The Maximum Power Transfer Theorem for n -Ports", publié dans la revue *IEEE Transactions on Circuit Theory*, vol. 20, No. 3, pages 328 à 330, en mai 1973, indique qu'un réseau d'antennes utilisé pour recevoir des signaux radioélectriques délivre une puissance maximale lorsqu'il est connecté à une charge présentant une matrice impédance égale à \mathbf{Z}_{ANT}^* , \mathbf{Z}_{ANT}^* étant la matrice adjointe de \mathbf{Z}_{ANT} , c'est-à-dire la matrice égale à la matrice transposée de la matrice conjuguée de \mathbf{Z}_{ANT} . Nous dirons qu'il y a alors transfert de puissance maximum.

L'article de R.A. Speciale 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 Trans. on Antennas Propagat.*, vol. 52, No. 1, pages 98 à 105, en janvier 2004, montrent que la réception radioélectrique utilisant plusieurs antennes peut être améliorée si on utilise un réseau d'adaptation linéaire passif à entrées multiples et sorties multiples, sans perte mais non nécessairement réciproque, ayant ses bornes d'entrée connectées aux n antennes couplées et ses bornes de sorties connectées à m charges non couplées, pourvu que le réseau d'adaptation linéaire passif à entrées multiples et sorties multiples ait des caractéristiques convenables. L'article de Wallace et Jensen étudie l'effet d'un réseau linéaire passif à entrées multiples et sorties multiples sans perte produisant le transfert de puissance maximum. La figure 3 montre un exemple de schéma bloc de récepteur pour transmission radio utilisant une pluralité d'antennes et un tel réseau d'adaptation linéaire passif à entrées multiples et sorties multiples. Les antennes (100) sont connectées aux bornes d'entrée du réseau d'adaptation linéaire passif à entrées multiples et sorties multiples (250) qui par exemple produit le transfert de puissance maximum. Les bornes de sortie du réseau d'adaptation linéaire passif à entrées multiples et sorties multiples (250) sont reliées aux entrées d'amplificateurs à faible bruit (300) à une entrée et une sortie. Les circuits de traitement analogique et de conversion (400) et le dispositif de

traitement du signal à entrées multiples (550) sont utilisés comme dans la figure 2.

Malheureusement, les spécialistes ne connaissent pas de procédure générale permettant de concevoir un réseau d'adaptation linéaire passif à entrées multiples et sorties multiples possédant des caractéristiques arbitraires. Un tel réseau d'adaptation linéaire passif n'est pas
 5 utilisé en pratique, comme indiqué au paragraphe 5.3.1 du livre de W.C. Jakes intitulé *Microwave Mobile Communications*, publié par Wiley-Interscience en 1994. Par conséquent, nous pouvons dire que le réseau d'adaptation linéaire passif à entrées multiples et sorties multiples (250) est hypothétique, et il est de plus probable que dans les cas où une conception serait possible, cette conception pourrait être complexe et produire des pertes non négligeables.

10 EXPOSÉ DE L'INVENTION

L'invention a pour objet un procédé pour la réception radioélectrique à antennes multiples et un récepteur pour transmission radio à antennes multiples, dépourvus des limitations des techniques connues.

Le procédé selon l'invention pour la réception radioélectrique à antennes multiples utilisant
 15 N antennes, où N est un entier supérieur ou égal à 2, comporte les étapes suivantes :

- la conversion par les N antennes de signaux électromagnétiques en des signaux électriques ;
- la transmission des dits signaux électriques depuis les N antennes jusqu'aux bornes d'entrée d'au moins un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples, à travers au moins un dispositif de transmission, chacun des dits dispositifs de transmission se comportant comme un circuit linéaire passif, chacun des dits
 20 amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples ayant au moins deux accès d'entrée et au moins deux accès de sortie, chacun des dits accès d'entrée de chacun des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples recevant les signaux électriques d'une antenne différente parmi les dites N antennes ;
- l'amplification par les dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples, chacun des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples présentant, dans une bande de fréquences connue, une matrice admittance d'entrée chargée voisine d'une matrice admittance recherchée, cette matrice admittance recherchée étant une matrice carrée non diagonale et inversible ;
- le traitement des signaux délivrés par les dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples.

Considérons un des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples, comportant n accès d'entrée et m accès de sortie, n et m étant des entiers supérieurs
 35 ou égaux à 2. Numérotons les accès d'entrée de 1 à n . Tout entier j supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à n correspond au numéro d'un accès d'entrée de l'amplificateur. Définissons

le courant d'entrée i_{ij} entrant dans la borne positive de l'accès j , et la tension d'entrée v_{ij} entre la borne positive de l'accès j et la borne négative de l'accès j . Nous définissons aussi le vecteur-colonne \mathbf{I}_I des courants d'entrée i_{i_1}, \dots, i_{i_n} et le vecteur-colonne \mathbf{V}_I des tensions d'entrée v_{i_1}, \dots, v_{i_n} . Numérotions les accès de sortie de 1 à m . Tout entier k supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à m correspond au numéro d'un accès de sortie de l'amplificateur. Définissons le courant de sortie i_{ok} entrant dans la borne positive de l'accès k , et la tension de sortie v_{ok} entre la borne positive de l'accès k et la borne négative de l'accès k . Nous définissons aussi le vecteur-colonne \mathbf{I}_O des courants de sortie i_{o_1}, \dots, i_{o_m} et le vecteur-colonne \mathbf{V}_O des tensions de sortie v_{o_1}, \dots, v_{o_m} . Si nous supposons que l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples est linéaire, il est caractérisé, dans le domaine fréquentiel, par les deux équations suivantes :

$$\mathbf{I}_I = \mathbf{Y}_I \mathbf{V}_I + \mathbf{Y}_R \mathbf{V}_O \quad (1)$$

$$\mathbf{I}_O = \mathbf{Y}_T \mathbf{V}_I + \mathbf{Y}_O \mathbf{V}_O \quad (2)$$

où \mathbf{Y}_I est une matrice carrée d'ordre n , où \mathbf{Y}_O est une matrice carrée d'ordre m , où \mathbf{Y}_R est une matrice à n lignes et m colonnes, et où \mathbf{Y}_T est une matrice à m lignes et n colonnes. Tous les éléments de ces matrices ont la dimension d'une admittance. Par conséquent, les spécialistes comprennent qu'ils peuvent appeler \mathbf{Y}_I la "matrice admittance d'entrée" de l'amplificateur, \mathbf{Y}_R la "matrice admittance de transfert inverse" de l'amplificateur, \mathbf{Y}_T la "matrice admittance de transfert" de l'amplificateur, et \mathbf{Y}_O la "matrice admittance de sortie" de l'amplificateur. Ces quatre matrices ont des éléments complexes et peuvent dépendre de la fréquence.

Dans le cas où un amplificateur à n accès d'entrée et m accès de sortie ne répond pas exactement aux équations (1) et (2), les spécialistes comprennent que ces équations sont cependant valables pour les petits signaux, à un point de repos déterminé, si le bruit produit par l'amplificateur est négligé.

Le spécialiste comprend que, lorsque les accès de sortie d'un des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples sont connectés à une charge présentant la matrice impédance \mathbf{Z}_L , les accès d'entrée de l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples présentent une matrice admittance \mathbf{Y}_{LI} , qui est appelée la matrice admittance d'entrée chargée. La matrice admittance d'entrée chargée vaut :

$$\mathbf{Y}_{LI} = \mathbf{Y}_I - \mathbf{Y}_R (\mathbf{1}_m + \mathbf{Z}_L \mathbf{Y}_O)^{-1} \mathbf{Z}_L \mathbf{Y}_T = \mathbf{Y}_I - \mathbf{Y}_R \mathbf{Z}_L (\mathbf{1}_m + \mathbf{Y}_O \mathbf{Z}_L)^{-1} \mathbf{Y}_T \quad (3)$$

où $\mathbf{1}_m$ est la matrice unité d'ordre m . Dans le cas particulier $\mathbf{Z}_L = \mathbf{0}_m$, où $\mathbf{0}_m$ est la matrice nulle d'ordre m , nous avons $\mathbf{Y}_{LI} = \mathbf{Y}_I$. Par conséquent, la matrice admittance d'entrée définie par l'équation (1) est un cas particulier de la matrice admittance d'entrée chargée, pour des bornes de sortie en court-circuit.

À une fréquence f donnée dans ladite bande de fréquences connue, nous noterons \mathbf{Y}_w ladite matrice admittance recherchée correspondant à un des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples. Selon l'invention, \mathbf{Y}_w est une matrice carrée non diagonale et inversible, et nous exigeons que \mathbf{Y}_{LI} soit voisine de \mathbf{Y}_w .

Les concepteurs de circuits haute fréquence pour applications radio utilisent habituellement

des outils de conception, qui peuvent par exemple les aider à dimensionner un amplificateur à une entrée et une sortie.

Un dispositif pour dimensionner les circuits utilisés dans le procédé selon l'invention pour la réception radioélectrique à antennes multiples utilisant N antennes, où N est un entier

5 supérieur ou égal à 2, comporte :

- des moyens pour dimensionner un ou plusieurs dispositifs de transmission utilisés pour la transmission des signaux électriques depuis les N antennes jusqu'aux bornes d'entrée d'au moins un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples, chacun des dits dispositifs de transmission se comportant comme un circuit linéaire passif, chacun des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples ayant au moins deux accès d'entrée et au moins deux accès de sortie, chacun des dits accès d'entrée de chacun des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples recevant les signaux électriques d'une antenne différente parmi les dites N antennes ;
- 10
- 15 - des moyens pour dimensionner un ou plusieurs dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples, chacun des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples présentant, dans une bande de fréquences connue, une matrice admittance d'entrée chargée voisine d'une matrice admittance recherchée, cette matrice admittance recherchée étant une matrice carrée non diagonale et inversible.
- 20

Un dispositif pour dimensionner les circuits utilisés dans le procédé selon l'invention pour la réception radioélectrique à antennes multiples peut comporter du logiciel et un ordinateur.

Les spécialistes comprennent qu'un dispositif pour dimensionner les circuits utilisés dans le procédé selon l'invention pour la réception radioélectrique à antennes multiples peut être capable de prendre en compte les caractéristiques de chacune des dites antennes et les interactions entre les dites antennes de façon à déterminer la matrice impédance Z_{ANT} des dites antennes.

Le spécialiste comprend que la matrice admittance d'entrée chargée Y_{LI} a une influence sur la directivité de chaque antenne, donc sur les rapports entre chaque tension de sortie v_{Ok} et le module du champ électrique incident de polarisation donnée produit par une source éloignée, en fonction de la direction d'arrivée. Ces rapports correspondent à la directivité de chaque tension de sortie v_{Ok} . Le spécialiste comprend que la matrice admittance d'entrée chargée Y_{LI} a une influence sur les coefficients de corrélation entre les signaux délivrés par les antennes, et sur les coefficients de corrélation entre les tensions de sortie v_{Ok} .

35 Lorsque les bornes de sortie d'un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples sont connectées à une charge présentant la matrice impédance Z_L , nous avons :

$$V_O = -(\mathbf{1}_m + \mathbf{Z}_L \mathbf{Y}_O)^{-1} \mathbf{Z}_L \mathbf{Y}_T \mathbf{V}_I = -\mathbf{Z}_L (\mathbf{1}_m + \mathbf{Y}_O \mathbf{Z}_L)^{-1} \mathbf{Y}_T \mathbf{V}_I \quad (4)$$

Par conséquent, nous pouvons définir la matrice gain en tension G_V de l'amplificateur à

accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples par :

$$\mathbf{G}_V = -(\mathbf{1}_n + \mathbf{Z}_L \mathbf{Y}_O)^{-1} \mathbf{Z}_L \mathbf{Y}_T = -\mathbf{Z}_L (\mathbf{1}_n + \mathbf{Y}_O \mathbf{Z}_L)^{-1} \mathbf{Y}_T \quad (5)$$

La matrice gain en tension \mathbf{G}_V décrit des combinaisons linéaires entre les tensions d'entrée. Le spécialiste comprend donc que la matrice gain en tension \mathbf{G}_V a une influence sur les rapports
 5 entre chaque tension de sortie v_{O_k} et le module du champ électrique incident de polarisation donnée produit par une source éloignée, en fonction de la direction d'arrivée, donc sur la directivité de chaque tension de sortie v_{O_k} et sur les coefficients de corrélation entre les tensions de sortie v_{O_k} . Les spécialistes comprennent qu'un dispositif pour dimensionner les circuits utilisés dans le procédé selon l'invention pour la réception radioélectrique à antennes multiples
 10 peut être capable de calculer les rapports entre chaque tension de sortie v_{O_k} et le module du champ électrique incident de polarisation donnée produit par une source éloignée, en fonction de la direction d'arrivée. Par conséquent, un dispositif pour dimensionner les circuits utilisés dans le procédé selon l'invention peut être tel que les moyens pour dimensionner un ou plusieurs dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples comportent des moyens
 15 pour déterminer la dépendance d'au moins une des tensions de sortie v_{O_k} d'au moins un dit amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples, vis-à-vis de la direction d'arrivée d'une onde électromagnétique.

Un récepteur pour transmission radio à antennes multiples selon l'invention, utilisant N antennes, où N est un entier supérieur ou égal à 2, comporte :

- 20 - au moins un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples, chaque amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples ayant au moins deux accès d'entrée et au moins deux accès de sortie, chaque amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples présentant, dans une bande de fréquences connue, une matrice admittance d'entrée chargée voisine d'une matrice admittance recherchée, cette matrice admittance recherchée étant une matrice carrée
 25 non diagonale et inversible ;
- au moins un dispositif de transmission, chaque dispositif de transmission se comportant comme un circuit linéaire passif transmettant les signaux électriques depuis au moins une des dites antennes jusqu'aux bornes d'entrée d'au moins un amplificateur à accès
 30 d'entrée multiples et accès de sortie multiples, chacun des dits accès d'entrée de chacun des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples recevant les signaux électriques d'une antenne différente parmi les dites N antennes ;
- un ensemble de traitement de signal traitant les signaux délivrés par les dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples.

35 Selon l'invention, il peut y avoir plusieurs amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples. Ces amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples peuvent avoir des caractéristiques différentes les uns des autres. Par conséquent, à une fréquence f donnée dans ladite bande de fréquences connue, ladite matrice admittance recherchée \mathbf{Y}_W et

les matrices Y_I , Y_R , Y_T et Y_O peuvent être différentes pour chacun des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples.

Selon l'invention, un des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples peut par exemple être tel que les bornes négatives des accès d'entrée et/ou des accès
5 de sortie correspondent à la "borne de référence", ces accès étant alors asymétriques.

Selon l'invention, au moins un des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples peut par exemple être tel que chaque accès d'entrée correspond à une entrée symétrique et/ou tel que chaque accès de sortie correspond à une sortie symétrique.

Selon l'invention, au moins un des dits dispositifs de transmission peut par exemple
10 comporter des interconnexions à 2 conducteurs (c'est-à-dire des lignes de transmission à deux conducteurs), chaque interconnexion à 2 conducteurs reliant une des dites N antennes à un accès d'entrée d'un des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples. Une telle interconnexion à 2 conducteurs peut par exemple être réalisée avec un câble coaxial, ou avec des pistes de circuit imprimé, par exemple en structure stripline ou microstrip. Selon
15 l'invention, au moins un des dits dispositifs de transmission peut par exemple comporter des guides d'onde, chaque guide d'onde reliant une des dites antennes à un accès d'entrée d'un des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples.

Selon l'invention, au moins un des dispositifs de transmission peut par exemple comporter des câbles coaxiaux et un nombre égal de transformateurs, chaque transformateur étant conçu
20 pour coupler une antenne symétrique à une interconnexion asymétrique (balun), l'accès symétrique de chaque transformateur étant connecté à une antenne symétrique parmi les dites N antennes, l'accès asymétrique de chaque transformateur étant connecté à une extrémité d'un des câbles coaxiaux, l'autre extrémité de chaque câble coaxial étant connectée à un accès d'entrée d'un des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples.

Selon l'invention, au moins un des dispositifs de transmission peut aussi par exemple comporter des filtres électriques, chaque filtre électrique ayant un accès d'entrée et un accès de sortie. Par exemple, de tels filtres peuvent être des filtres passe-bande, comportant un ou plusieurs condensateurs, un ou plusieurs enroulements, de tels enroulements étant éventuellement couplés par induction mutuelle. Selon l'invention, de tels filtres peuvent aussi être par exemple des
30 filtres à cavité électromagnétique ou des filtres à ondes acoustiques de surface.

Selon l'invention, au moins un des dispositifs de transmission peut aussi par exemple comporter des déphaseurs. Selon l'invention, au moins un des dispositifs de transmission peut aussi par exemple comporter des dispositifs de transmission non réciproques, par exemple des
isolateurs.

Selon l'invention, au moins un des dispositifs de transmission peut aussi comporter des
35 moyens de commutation, par exemple lorsque le récepteur pour transmission radio à antennes multiples selon l'invention est combiné avec un émetteur radio utilisant les mêmes antennes. De tels moyens de commutation sont bien connus des spécialistes.

Selon l'invention, au moins un des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples peut comporter un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série. De tels amplificateurs à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série sont par exemple décrits dans la demande de brevet français numéro 06/00388 du 17
5 janvier 2006 intitulée "Amplificateur à entrées multiples et sorties multiples" et dans la demande de brevet français numéro 06/05633 du 23 juin 2006 intitulée "Amplificateur à entrées multiples et sorties multiples utilisant l'induction mutuelle dans le réseau de rétroaction".

Le spécialiste comprend qu'un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série, peut procurer une matrice admittance d'entrée chargée Y_{LI} arbitraire. Par
10 conséquent, la matrice admittance recherchée Y_W peut être arbitraire. Le réseau de rétroaction d'un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série étant éventuellement tel que sa matrice impédance peut être réglée, par exemple par des moyens électriques, le spécialiste comprend qu'au moins un des dits amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples peut être tel que sa matrice admittance d'entrée chargée
15 Y_{LI} peut être réglée, par exemple par des moyens électriques.

Le spécialiste comprend qu'il est aussi possible de dimensionner les dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples de telle façon que la matrice gain en tension G_V de chacun des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples soit voisine d'une matrice gain spécifiée G_S .

20 Le spécialiste comprend qu'un récepteur pour transmission radio à antennes multiples selon l'invention peut être conçu de façon à obtenir les mêmes avantages que ceux procurés par un réseau d'adaptation linéaire passif à entrées multiples et sorties multiples hypothétique mentionné plus haut, par exemple un transfert de puissance maximum.

Selon l'invention, les dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie
25 multiples peuvent préférentiellement être dimensionnés de façon à produire une densité spectrale de bruit réduite. Le niveau de bruit en sortie d'un amplificateur à une entrée et une sortie dépend de l'impédance interne du générateur connecté à l'entrée de l'amplificateur, et le rapport signal sur bruit maximal à la sortie ne correspond pas nécessairement au transfert de puissance maximum entre ce générateur et l'entrée de l'amplificateur. De la même façon, le niveau de bruit
30 aux accès de sortie d'un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples dépend de la matrice impédance interne du générateur à accès multiple connecté aux accès d'entrée de l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples, et le rapport signal sur bruit maximal aux accès de sortie ne correspond pas nécessairement au transfert de puissance maximum entre ce générateur à accès multiple et les accès d'entrée de l'amplificateur
35 à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples. Les spécialistes comprennent comment les nombreuses méthodes connues de conception des amplificateurs à faible bruit à une entrée et une sortie peuvent être généralisées pour concevoir des amplificateurs à faible bruit à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

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

- 5 - la figure 1 représente un récepteur pour transmission radio utilisant une seule antenne, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- la figure 2 représente un récepteur pour transmission 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 ;
- 10 - la figure 3 représente un récepteur pour transmission radio utilisant plusieurs antennes, comportant un réseau d'adaptation linéaire passif à entrées multiples et sorties multiples, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- la figure 4 représente un récepteur pour transmission radio à antennes multiples selon l'invention ;
- 15 - la figure 5 représente le schéma-bloc d'un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples pouvant être utilisé dans le récepteur pour transmission radio à antennes multiples de la figure 4 ;
- la figure 6 représente un récepteur pour transmission radio à antennes multiples selon l'invention ;
- 20 - la figure 7 représente le schéma simplifié d'un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples pouvant être utilisé dans le récepteur pour transmission radio à antennes multiples de la figure 6.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE CERTAINS MODES DE RÉALISATION

25 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 4 le schéma bloc d'un récepteur pour transmission radio à antennes multiples selon l'invention. Les 3 antennes (100) sont connectées aux accès d'entrée d'un dispositif de transmission (150) se comportant comme un
30 circuit linéaire passif. Le dispositif de transmission (150) transmet les signaux électriques issus de chacune des 3 antennes, jusqu'aux bornes d'entrée d'un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (350) ayant 3 accès d'entrée et 3 accès de sortie, chaque accès d'entrée recevant des signaux issus d'une antenne différente. Chaque accès de sortie de l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (350) est reliée à l'entrée

d'un circuit de traitement analogique et de conversion (400) qui produit en sortie des signaux numériques. La sortie de chaque circuit de traitement analogique et de conversion (400) est reliée à une entrée d'un dispositif de traitement du signal à entrées multiples (550), dont la sortie est reliée au destinataire (600). Les 3 circuits de traitement analogique et de conversion (400) et le dispositif de traitement du signal à entrées multiples (550) constituent un ensemble de traitement de signal traitant les signaux délivrés par l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (350). Nous notons que N peut être supérieur ou égal à 3.

Dans ce premier mode de réalisation, l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (350) a une bande passante étroite, et est conçu pour produire la plus faible densité spectrale de bruit possible à ses accès de sortie, dans la bande de fréquences d'utilisation. La matrice admittance \mathbf{Y}_{SA} vue par les antennes est la matrice admittance des accès d'entrée du dispositif de transmission (150). Les spécialistes savent comment établir la relation entre la matrice admittance \mathbf{Y}_{SA} vue par les antennes et la matrice admittance d'entrée chargée \mathbf{Y}_{LI} , en tenant compte de ce que les pertes sont faibles dans le dispositif de transmission (150). Les spécialistes comprennent donc que l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (350) peut être conçu pour remplir les fonctions suivantes :

- filtrage passe-bande ;
- amplification des signaux, avec une contribution réduite au niveau de bruit en sortie ;
- présentation d'une matrice admittance d'entrée chargée \mathbf{Y}_{LI} non-diagonale procurant une influence souhaitée sur la directivité du signal délivré par chaque antenne et sur les coefficients de corrélation entre les signaux délivrés par les antennes ;
- présentation d'une matrice gain en tension \mathbf{G}_V non-diagonale procurant une influence souhaitée sur la directivité de chaque tension de sortie v_{Ok} et sur les coefficients de corrélation entre les tensions de sortie v_{Ok} .

25 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 transmission radio à antennes multiples selon l'invention représenté sur la figure 4, 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 (350) correspond au schéma-bloc de la figure 5.

Appelons "borne d'entrée signal" une borne d'entrée autre que la borne de référence, et "borne de sortie signal" une borne de sortie autre que la borne de référence. L'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (350) montré sur la figure 5 comporte 3 bornes d'entrée signal (351), un réseau d'entrée passif (352), 3 sous-circuits actifs (353), un réseau de rétroaction (354), un réseau de sortie passif (355) et 3 bornes de sortie signal (356).

Chacun des trois accès d'entrée est constitué d'une des 3 bornes d'entrée signal (351) et de la borne de référence représentée par le symbole de masse sur la figure 5, chaque borne d'entrée signal étant connectée à une borne d'entrée du réseau d'entrée passif (352). Chacun des trois accès de sortie est constitué d'une des 3 bornes de sortie signal (356) et de la borne de référence, chaque borne de sortie signal étant connectée à une borne de sortie du réseau de sortie passif (355).

Les 3 sous-circuits actifs (353) et le réseau de rétroaction (354) constituent un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série décrit dans ladite demande de brevet français numéro 06/00388, les p bornes d'entrée signal de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série étant reliées aux p bornes de sortie signal du réseau d'entrée passif ayant p accès d'entrée, et les p bornes de sortie signal de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série étant reliées aux p bornes d'entrée signal du réseau de sortie passif ayant p accès de sortie (dans ce deuxième mode de réalisation, nous avons $p = 3$ et $p = N$, mais d'autres valeurs sont évidemment possibles pour le nombre entier positif p). Chaque sous-circuit actif a une borne d'entrée sous-circuit connectée à une des bornes de sortie signal du réseau d'entrée passif (352), une borne de sortie sous-circuit connectée à une des bornes d'entrée signal du réseau de sortie passif (355), et une borne commune sous-circuit. Chaque sous-circuit actif est tel que le courant sortant de la borne commune sous-circuit et le courant entrant dans la borne de sortie sous-circuit dépendent de la tension entre la borne d'entrée sous-circuit et la borne commune sous-circuit. Le réseau de rétroaction (354) a une borne connectée à la borne de référence, représentée par le symbole de masse sur la figure 5. Le réseau de rétroaction (354) a aussi 3 autres bornes, chacune étant connectée à la borne commune sous-circuit d'un sous-circuit actif (353) différent. Le réseau de rétroaction présente, dans la bande de fréquences connue, une matrice impédance Z_{FB} , cette matrice impédance étant définie par rapport à ladite borne de référence, le réseau de rétroaction produisant une contre-réaction telle que, dans la bande de fréquences connue :

- la matrice admittance d'entrée chargée Y_{LI} de l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (350) soit voisine d'une matrice admittance recherchée Y_W ;
- la matrice gain en tension G_V de l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (350) soit voisine d'une matrice gain spécifiée G_S ;
- le niveau du bruit aux accès de sortie soit aussi faible que possible.

Troisième mode de réalisation.

Au titre d'un troisième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, nous avons représenté sur la figure 6 le schéma bloc d'un récepteur pour transmission radio à antennes multiples selon l'invention, comportant 8 antennes (100), 2 dispositifs de transmission (150), 2 amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie

multiples (350), 8 circuits de traitement analogique et de conversion (400), et un dispositif de traitement du signal à entrées multiples (550), dont la sortie est reliée au destinataire (600). Les 8 antennes (100) constituent 2 réseaux d'antennes, chaque réseau d'antennes comportant 4 antennes (100), les interactions étant négligeables entre deux antennes appartenant à des réseaux d'antennes différents. Les 4 antennes (100) de chaque réseau d'antennes sont connectées aux accès d'entrée d'un seul des deux dispositifs de transmission (150), qui se comporte comme un circuit linéaire passif transmettant les signaux électriques issus de ces 4 antennes (100) jusqu'aux bornes d'entrée d'un seul des deux amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (350). Chaque amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (350) a 4 accès d'entrée et 4 accès de sortie, chaque accès d'entrée recevant des signaux issus d'une antenne différente. Chaque accès de sortie de chaque amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (350) est reliée à l'entrée d'un circuit de traitement analogique et de conversion (400) qui produit en sortie des signaux numériques. La sortie de chaque circuit de traitement analogique et de conversion (400) est reliée à une entrée d'un dispositif de traitement du signal à entrées multiples (550), dont la sortie est reliée au destinataire (600). Les 8 circuits de traitement analogique et de conversion (400) et le dispositif de traitement du signal à entrées multiples (550) constituent un ensemble de traitement de signal traitant les signaux délivrés par les deux amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (350).

Dans ce troisième mode de réalisation, le récepteur pour transmission radio à antennes multiples selon l'invention est par exemple prévu pour la réception dans la bande de fréquences 1850 MHz à 1910 MHz, qui est ici la "bande de fréquences connue". Chaque réseau d'antennes est par exemple constitué de 4 antennes identiques, parallèles (donc de même polarisation) et proches les unes des autres. À la fréquence centrale de 1880 MHz, chaque réseau d'antennes présente par exemple une matrice impédance \mathbf{Z}_{ant} égale à :

$$\mathbf{Z}_{ant} = \begin{pmatrix} 73,1 & 1,1-36,4j & -23,3-15,9j & 1,1-36,4j \\ 1,1-36,4j & 73,1 & 1,1-36,4j & -23,3-15,9j \\ -23,3-15,9j & 1,1-36,4j & 73,1 & 1,1-36,4j \\ 1,1-36,4j & -23,3-15,9j & 1,1-36,4j & 73,1 \end{pmatrix} \Omega \quad (6)$$

Les spécialistes comprennent que les éléments diagonaux de cette matrice \mathbf{Z}_{ant} sont les impédances propres des antennes d'un réseau d'antennes, que les éléments non diagonaux de cette matrice \mathbf{Z}_{ant} sont les impédances mutuelles entre les antennes du réseau d'antennes, et que \mathbf{Z}_{ant} est une sous-matrice de la matrice impédance \mathbf{Z}_{ANT} relative aux 8 antennes (100).

Nous avons dit que les réseaux d'antennes sont tels que les interactions sont négligeables entre deux antennes appartenant à des réseaux d'antennes différents. Les spécialistes comprennent que cette caractéristique correspond à des impédances mutuelles négligeables entre deux antennes appartenant à des réseaux d'antennes différents, et que cette caractéristique peut

par exemple être obtenue en disposant les réseaux d'antennes à une distance suffisante l'un de l'autre, ou en utilisant des polarisations croisées dans chaque réseau d'antenne.

Dans ce troisième mode de réalisation, les dispositifs de transmission (150) et les amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (350) peuvent par exemple
5 être tels que l'inverse de la matrice admittance Y_{SA} vue par chaque réseau d'antennes est voisine de Z_{ant}^* , Z_{ant}^* étant la matrice adjointe de Z_{ant} , de façon à pratiquement obtenir le transfert de puissance maximum dans la bande de fréquences connue.

Quatrième mode de réalisation.

Le quatrième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple
10 non limitatif, correspond également au récepteur pour transmission radio à antennes multiples selon l'invention représenté sur la figure 6, et toutes les explications fournies pour le troisième mode de réalisation sont applicables à ce quatrième mode de réalisation. De plus, dans ce quatrième mode de réalisation, chaque amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples correspond au schéma simplifié de la figure 7.

15 L'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples montré sur la figure 7 comporte :

- 4 bornes d'entrée signal (351) ;
- un réseau d'entrée passif constitué de 4 condensateurs (3521) et de 4 enroulements (3522) ;
- 20 - 4 sous-circuits actifs constitués chacun d'un transistor à effet de champ à l'arséniure de gallium (3531) de type PHEMT, de deux condensateurs (3532) et (3533) et d'une résistance (3534) ;
- un réseau de rétroaction constitués de 4 enroulements (3541) et 4 condensateurs (3542) ;
- un réseau de sortie passif constitués de 4 enroulements (3551) et de 4 condensateurs
25 (3552) ;
- 4 bornes de sortie signal (356).

Chacun des quatre accès d'entrée est constitué d'une des 4 bornes d'entrée signal (351) et de la borne de référence représentée par le symbole de masse sur la figure 7, chaque borne d'entrée signal étant connectée à une borne d'entrée du réseau d'entrée passif. Chacun des
30 quatre accès de sortie est constitué d'une des 4 bornes de sortie signal (356) et de la borne de référence, chaque borne de sortie signal étant connectée à une borne de sortie du réseau de sortie passif. Alternativement, il aurait été possible d'utiliser des sorties symétriques, en mettant en oeuvre un des procédés bien connus des spécialistes.

Les 4 enroulements du réseau de rétroaction sont disposés de telle façon que, dans la bande
35 de fréquences connue, l'induction mutuelle entre les différents enroulements a une influence non négligeable sur la valeur des éléments non diagonaux de la matrice impédance Z_{FB} du réseau de

rétroaction, cette matrice impédance étant définie par rapport à ladite borne de référence. Les 4 sous-circuits actifs et le réseau de rétroaction constituent donc un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série décrit dans ladite demande de brevet français numéro 06/05633.

- 5 Les spécialistes comprennent comment ils peuvent dimensionner les composants du schéma simplifié de la figure 7 de telle façon que, dans la bande de fréquences connue :
- la matrice admittance d'entrée chargée Y_{LI} de l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples procure une matrice admittance Y_{SA} vue par chaque réseau d'antennes telle que Y_{SA} soit voisine d'une matrice admittance désirée Y_{DA} ;
 - 10 - la matrice gain en tension G_V de l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples soit voisine d'une matrice gain spécifiée G_S ;
 - le niveau de bruit sur les bornes de sortie signal (356) soit aussi faible que possible, en exploitant le fait qu'une inductance connectée en série avec la source de chaque transistor à effet de champ à l'arséniure de gallium (3531) peut procurer ce résultat, comme indiqué dans le
 - 15 brevet des États-Unis d'Amérique numéro 4,614,915 intitulé "Monolithic series feedback low noise amplifier", du 30 septembre 1986.

L'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples montré sur la figure 7 peut par exemple être réalisé avec des composants discrets, ou dans un circuit intégré.

INDICATIONS SUR LES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

- 20 L'invention est adaptée à la réception radioélectrique avec antennes multiples, par exemple selon les procédés de réception en diversité, selon les procédés adaptatifs, ou selon les procédés utilisant un décodage espace-temps, comme les procédés de transmission radio MIMO.

- L'invention est adaptée à la réception de signaux radioélectriques de toute nature, par exemple pour la transmission de signaux audio (la voix) et/ou de signaux vidéo (pour images
- 25 statiques et/ou dynamiques) et/ou de données. Les signaux radioélectriques reçus peuvent correspondre à tout type de transmission, par exemple la radiodiffusion, les radio-communications point à point en duplex ou les radiocommunications dans un réseau cellulaire.

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

- En particulier, 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
- 35 performances, par exemple ceux utilisés dans les stations fixes des réseaux cellulaires de radiotéléphonie.

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour la réception radioélectrique à antennes multiples utilisant N antennes (100), où N est un entier supérieur ou égal à 2, comportant les étapes suivantes :

5 - la conversion par les N antennes de signaux électromagnétiques en des signaux électriques ;

10 - la transmission des dits signaux électriques depuis les N antennes jusqu'aux bornes d'entrée d'au moins un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (350), à travers au moins un dispositif de transmission (150), chacun des dits dispositifs de transmission se comportant comme un circuit linéaire passif, chacun des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples ayant au moins deux accès d'entrée et au moins deux accès de sortie, chacun des dits accès d'entrée de chacun des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples recevant les signaux électriques d'une antenne différente parmi les dites N

15 - l'amplification par les dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples, chacun des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples comportant un réseau de rétroaction produisant une contre-réaction telle que chacun des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples présente, dans une bande de fréquences connue, une matrice admittance d'entrée chargée voisine d'une matrice admittance recherchée, cette matrice admittance recherchée étant une matrice carrée non diagonale et inversible ;

20 - le traitement des signaux délivrés par les dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples.

25 2. Dispositif pour dimensionner les circuits utilisés dans un procédé pour la réception radioélectrique à antennes multiples utilisant N antennes, où N est un entier supérieur ou égal à 2, le dispositif comportant :

30 - des moyens pour dimensionner un ou plusieurs dispositifs de transmission utilisés pour la transmission des signaux électriques depuis les N antennes jusqu'aux bornes d'entrée d'au moins un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples, chacun des dits dispositifs de transmission se comportant comme un circuit linéaire passif, chacun des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples ayant au moins deux accès d'entrée et au moins deux accès de sortie, chacun des dits accès d'entrée de chacun des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples recevant les signaux électriques d'une antenne différente parmi les dites N antennes ;

35

- 5 - des moyens pour dimensionner un ou plusieurs dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples, chacun des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples comportant un réseau de rétroaction produisant une contre-réaction telle que chacun des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples présente, dans une bande de fréquences connue, une matrice admittance d'entrée chargée voisine d'une matrice admittance recherchée, cette matrice admittance recherchée étant une matrice carrée non diagonale et inversible.

- 10 3. Dispositif selon la revendication 2 dans lequel les moyens pour dimensionner un ou plusieurs dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples comportent des moyens pour déterminer la dépendance d'au moins une des tensions de sortie d'au moins un dit amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples, vis-à-vis de la direction d'arrivée d'une onde électromagnétique.

- 15 4. Récepteur pour transmission radio à antennes multiples, utilisant N antennes (100), où N est un entier supérieur ou égal à 2, comportant :

 - 20 - au moins un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (350), chacun des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples ayant au moins deux accès d'entrée et au moins deux accès de sortie, chacun des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples comportant un réseau de rétroaction produisant une contre-réaction telle que chacun des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples présente, dans une bande de fréquences connue, une matrice admittance d'entrée chargée voisine d'une matrice admittance recherchée, cette matrice admittance recherchée étant une matrice carrée non diagonale et inversible ;
 - 25 - au moins un dispositif de transmission (150), chaque dispositif de transmission se comportant comme un circuit linéaire passif transmettant les signaux électriques depuis au moins une des dites antennes jusqu'aux bornes d'entrée d'au moins un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples, chacun des dits accès d'entrée de chacun des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de
 - 30 sortie multiples recevant les signaux électriques d'une antenne différente parmi les dites N antennes ;
 - un ensemble de traitement de signal traitant les signaux délivrés par les dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples.

- 35 5. Récepteur pour transmission radio à antennes multiples selon la revendication 4, dans lequel au moins un des dits dispositifs de transmission (150) comporte des interconnexions à 2

conducteurs, chaque interconnexion à 2 conducteurs reliant une des dites N antennes (100) à un accès d'entrée d'un des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples.

- 5 6. Récepteur pour transmission radio à antennes multiples selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, dans lequel au moins un des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (350) comporte un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série.
- 10 7. Récepteur pour transmission radio à antennes multiples selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, dans lequel au moins un des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (350) comporte un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série comportant un réseau de rétroaction (354) comportant plusieurs enroulements (3541), les enroulements du réseau de rétroaction étant tels que, dans la bande de fréquences connue, l'induction mutuelle entre les différents enroulements a une influence non négligeable sur la valeur des éléments non diagonaux de la matrice impédance du
- 15 réseau de rétroaction.
- 20 8. Récepteur pour transmission radio à antennes multiples selon l'une quelconque des revendications 4 à 7, dans lequel au moins un des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (350) comporte un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série, les p bornes d'entrée signal de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série étant reliées aux p bornes de sortie signal d'un réseau d'entrée passif (352) ayant p accès d'entrée, et les p bornes de sortie signal de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série étant reliées aux p bornes d'entrée signal d'un réseau de sortie passif (355) ayant p accès de sortie, p étant un nombre entier positif.
- 25 9. Récepteur pour transmission radio à antennes multiples selon l'une quelconque des revendications 4 à 8, dans lequel les dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (350) sont tels que la matrice gain en tension de chacun des dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples soit voisine d'une matrice gain spécifiée.
- 30 10. Récepteur pour transmission radio à antennes multiples selon l'une quelconque des revendications 4 à 9, dans lequel les dits amplificateurs à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (350) produisent une densité spectrale de bruit réduite.

1 / 6

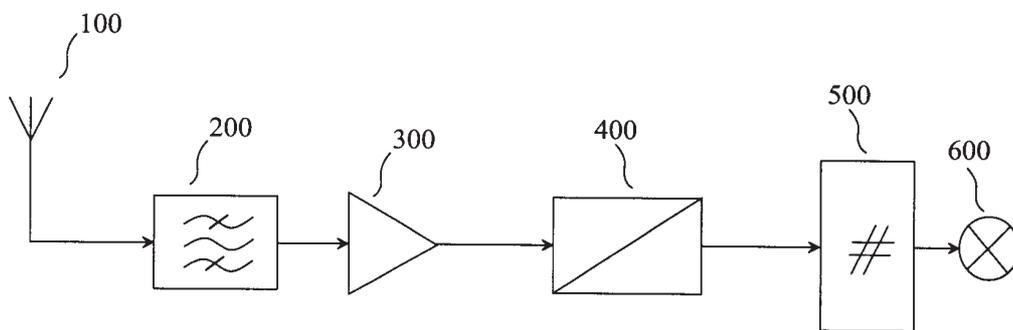


FIG. 1

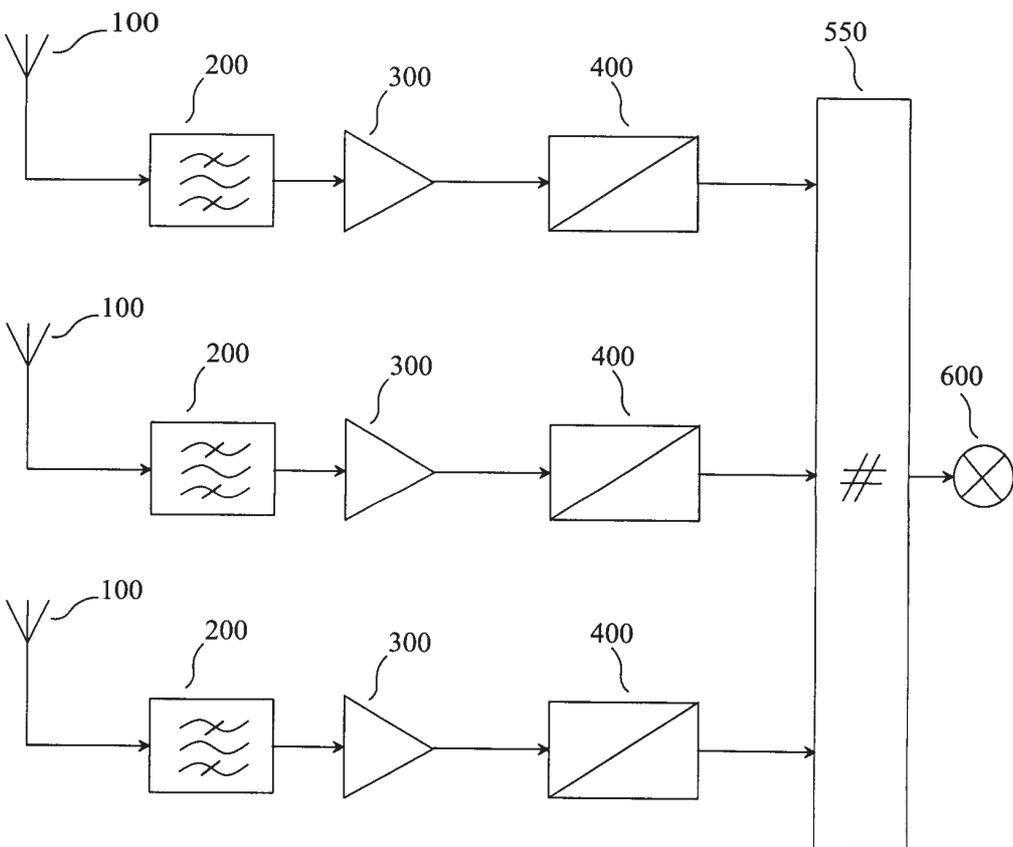


FIG. 2

2 / 6

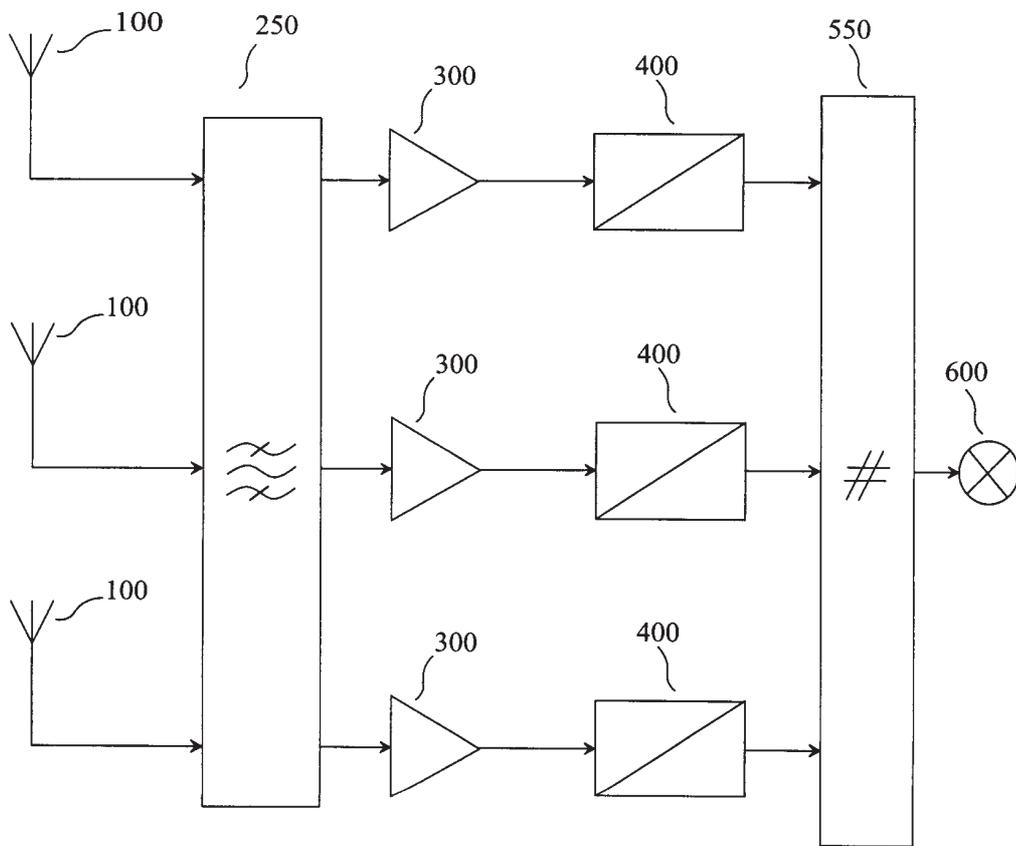


FIG. 3

3 / 6

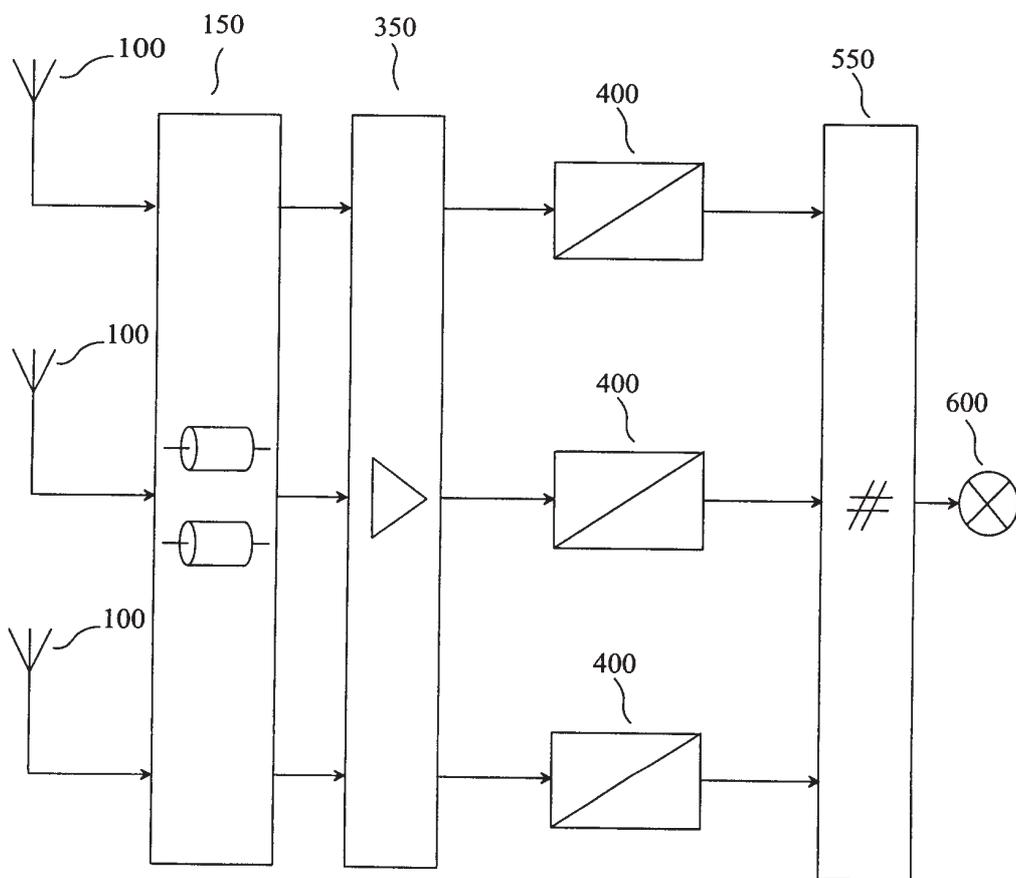


FIG. 4

4 / 6

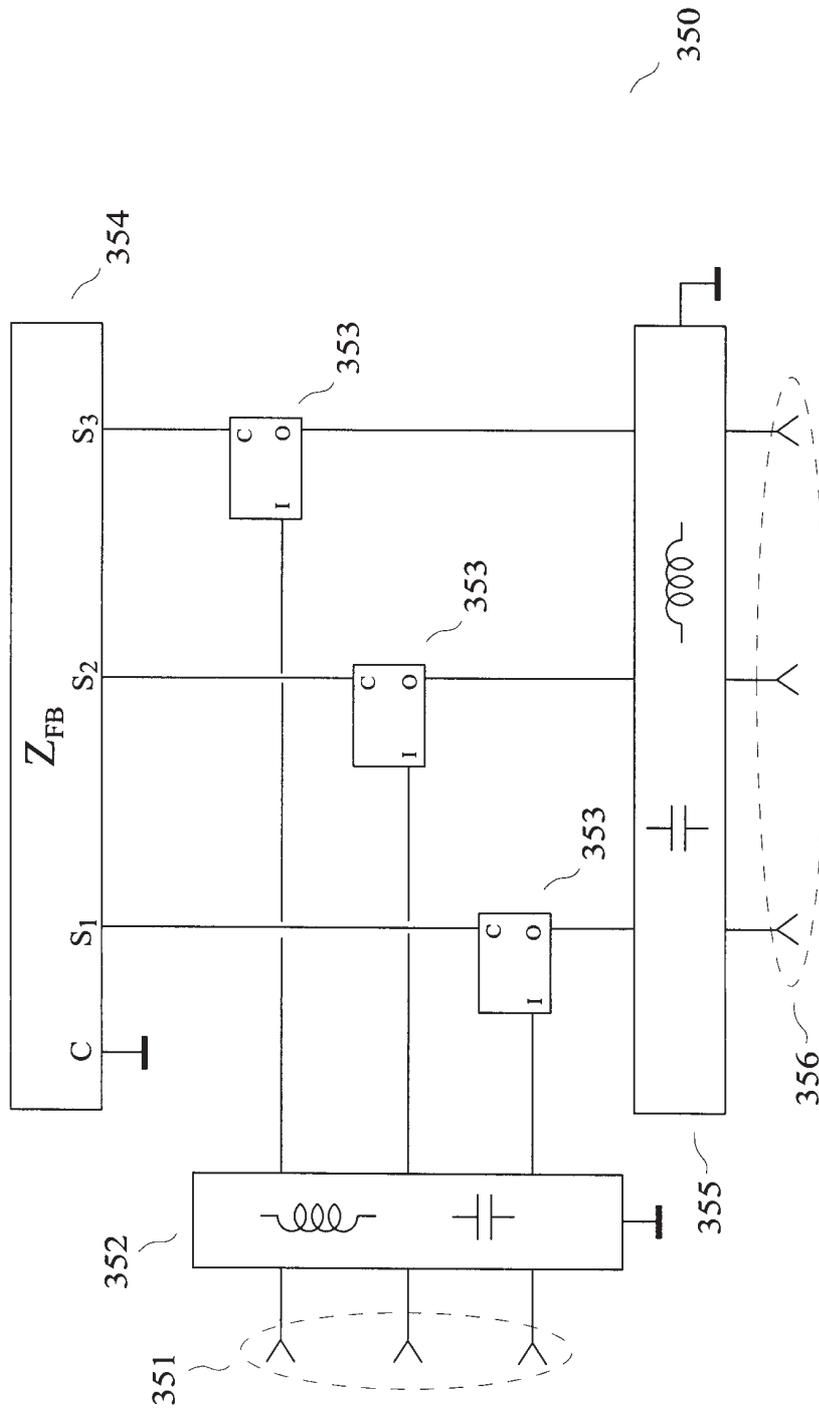


FIG. 5

5 / 6

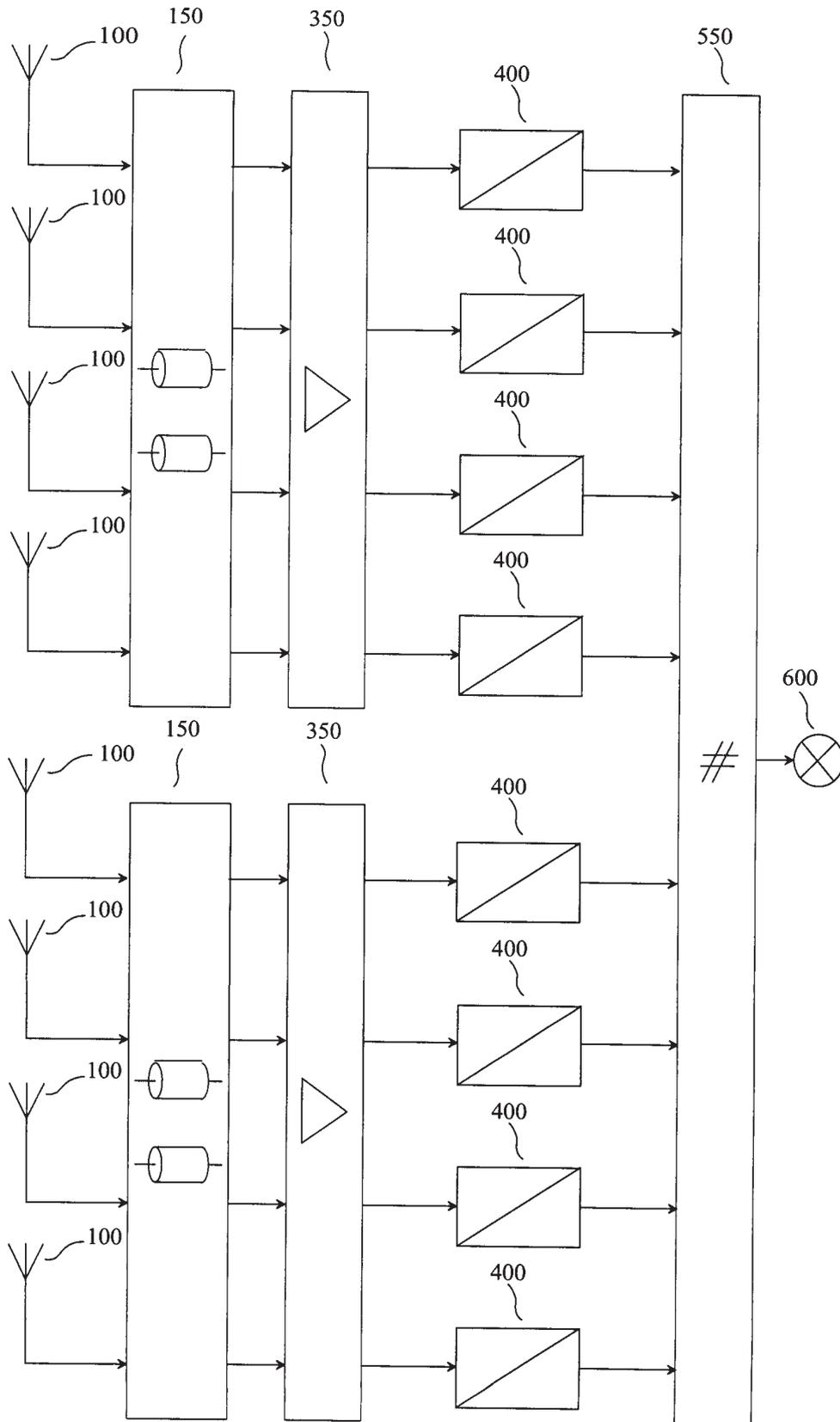


FIG. 6

6/6

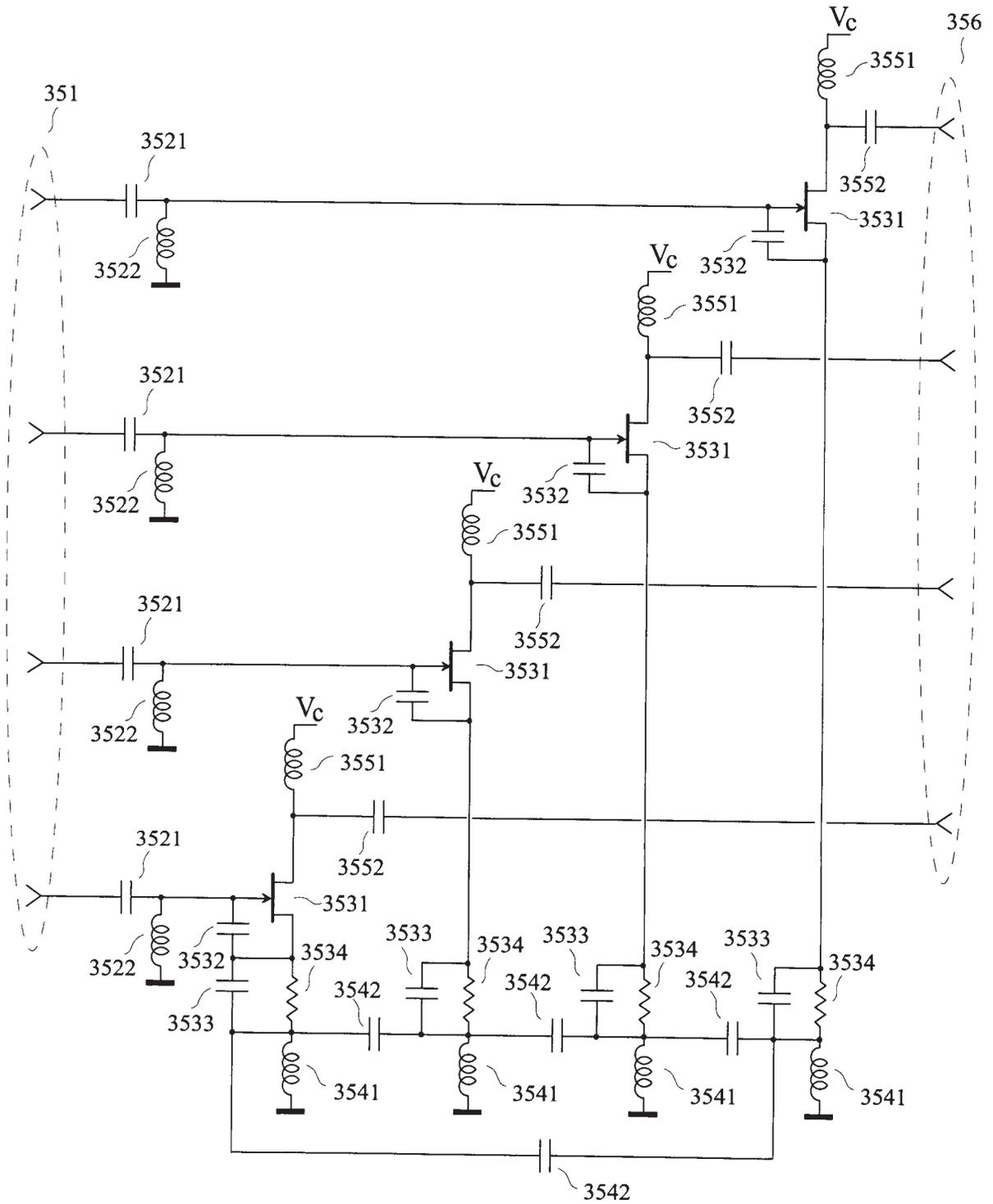


FIG. 7

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 (nouveauté) 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**

EP 0 957 532 A2 (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO [JP])
17 novembre 1999 (1999-11-17)

US 5 842 140 A (DENT PAUL W [SE] ET AL)
24 novembre 1998 (1998-11-24)

US 5 055 798 A (HEINZELMANN CHRISTINE [US])
8 octobre 1991 (1991-10-08)

US 6 055 230 A (FEUERSTEIN MARTIN J [US] ET AL)
25 avril 2000 (2000-04-25)

US 6 006 111 A (ROWLAND ANDY [CA])
21 décembre 1999 (1999-12-21)

WO 00/51265 A (MOTOROLA INC [US])
31 août 2000 (2000-08-31)

**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