



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
07.09.2011 Bulletin 2011/36

(51) Int Cl.:
H01Q 3/24 (2006.01) H01Q 3/26 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **11156010.8**

(22) Date de dépôt: **25.02.2011**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME

• **Chabod, Luc**
78150 Chesnay (FR)
• **Pouderos, Emile**
92100 Boulogne (FR)

(30) Priorité: **26.02.2010 FR 1000807**

(71) Demandeur: **Thales**
92200 Neuilly Sur Seine (FR)

(74) Mandataire: **Collet, Alain et al**
Marks & Clerk France
Conseils en Propriété Industrielle
Immeuble " Visium "
22, avenue Aristide Briand
94117 Arcueil Cedex (FR)

(72) Inventeurs:
• **Renard, Christian**
92100 Boulogne Billancourt (FR)

(54) **Formateur de voies analogique reconfigurable pour antenne réseau**

(57) L'invention se situe dans le domaine des antennes réseau, en particulier des antennes réseau actives à balayage électronique. Elle concerne un formateur de voies (300) pouvant équiper une antenne réseau de MxN sous-réseaux (301_i), le formateur de voies (300) composant M voies de sortie (A) composées chacune de N signaux radiofréquence issus des sous-réseaux (301_i). Elle concerne également un dispositif d'antenne comportant une telle antenne réseau et un tel formateur de voies (300).

Le formateur de voies (300) comporte un premier ensemble (310) de commutateurs (310_i) et, pour chaque voie de sortie (A), des deuxième et troisième ensembles (A320, A330) de commutateurs (A320_j, A330_m) et un sommateur (A34). Les ensembles de commutateurs (310_i, A320_j, A330_m) et les sommateurs (A34) sont arrangés en pseudocascade de manière à ce que, dans chaque voie de sortie (A), les commutateurs (A330_m) du troisième ensemble (A330) puissent recevoir l'ensemble des signaux radiofréquence issus des sous-réseaux (301_i). Lesdits commutateurs (A330_m) permettent de sélectionner chacun un signal radiofréquence. Ils sont connectés au sommateur (A34) de la voie de sortie (A) considérée, lequel additionne les signaux radiofréquence sélectionnés.

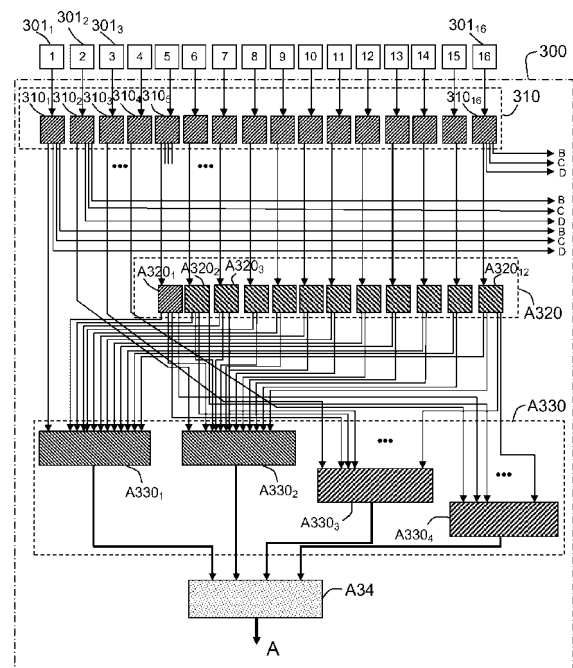


FIG.3

Description

[0001] L'invention se situe dans le domaine des antennes réseau, en particulier des antennes réseau actives à balayage électronique. Elle concerne un formateur de voies pouvant équiper une telle antenne réseau et un dispositif d'antenne comportant une antenne réseau et un formateur de voies.

[0002] Une antenne réseau dite active présente une architecture à amplification distribuée, c'est-à-dire qu'elle comprend un élément d'amplification radiofréquence positionné entre le point d'entrée de l'antenne réseau et chaque élément rayonnant de l'antenne réseau. Les éléments d'amplification sont en général des modules pouvant être utilisés à la fois en émission et en réception. Une antenne réseau active à balayage électronique permet de modifier par commande électronique la directivité et l'orientation du faisceau émis par l'antenne réseau. Pour ce faire, les modules d'émission et de réception insérés entre le point d'entrée de l'antenne réseau et les éléments rayonnants comportent en outre des éléments de déphasage. Une antenne à balayage électronique permet ainsi, dans des temps relativement courts, d'assurer soit un balayage continu de l'espace, soit des pointages successifs dans des directions bien déterminées, soit des alternances faisceau étroit / faisceau étendu, soit toute autre combinaison de ces situations.

[0003] Les antennes réseau peuvent comporter un grand nombre d'éléments rayonnants, pouvant atteindre plusieurs milliers. Dans ce cas, les modules d'émission/réception associés aux éléments rayonnants ne sont généralement pas commandés individuellement, mais par blocs. Les éléments rayonnants et leurs modules d'émission/réception associés sont ainsi regroupés en différents ensembles appelés sous-réseaux. Du point de vue de la chaîne de traitement de l'antenne réseau, un sous-réseau est perçu comme comportant un unique module d'émission/réception et un unique élément rayonnant.

[0004] Les antennes réseau actuelles pour application radar aéroporté sont typiquement découpées en quatre sous-réseaux. La figure 1 représente schématiquement une antenne réseau 1 comprenant, d'une part, des éléments rayonnants 2 agencés de manière à former un disque et, d'autre part, un formateur de voies 3. L'antenne réseau 1 est découpée en quatre sous-réseaux formant géométriquement quatre quadrants 2a, 2b, 2c et 2d. Chaque quadrant génère un signal radiofréquence RFa-RFd sensiblement égal à la somme de tous les signaux radiofréquence associés aux éléments rayonnants du sous-réseau considéré. Le formateur de voies 3 comporte quatre coupleurs connus de l'homme du métier sous le terme "Tés magiques". Un premier coupleur 31 reçoit respectivement sur une première et une deuxième entrée le signal radiofréquence RFa du premier quadrant 2a et le signal radiofréquence RFb du deuxième quadrant 2b. Une première sortie du premier coupleur 31 délivre sur une première voie 3a un signal radiofréquence RFa+b

égal à la somme des signaux radiofréquence RFa et RFb. Une deuxième sortie du premier coupleur 31 délivre sur une deuxième voie 3b un signal radiofréquence RFa-b égal au signal radiofréquence RFa soustrait du signal radiofréquence RFb. De façon symétrique, un deuxième coupleur 32 reçoit respectivement sur une première et une deuxième entrée le signal radiofréquence RFc du troisième quadrant 2c et le signal radiofréquence RFd du quatrième quadrant 2d. Une première sortie du deuxième coupleur 32 délivre sur une troisième voie 3c un signal radiofréquence RFc+d égal à la somme des signaux radiofréquence RFc et RFd. Une deuxième sortie du deuxième coupleur 32 délivre sur une quatrième voie 3d un signal radiofréquence RFc-d égal au signal radiofréquence RFc soustrait du signal radiofréquence RFd. Un troisième coupleur 33 reçoit respectivement sur une première et une deuxième entrée le signal radiofréquence RFa+b et le signal radiofréquence RFc+d. Une première sortie de ce coupleur 33 délivre un signal radiofréquence RFΣ, appelé "signal somme", égal à la somme des signaux radiofréquences RFa+b et RFc+d. Une deuxième sortie de ce coupleur 33 délivre un signal radiofréquence RFAC, appelé "signal différence circulaire", égal au signal radiofréquence RFc+d soustrait du signal radiofréquence RFa+b. Enfin, un quatrième coupleur 34 reçoit respectivement sur une première et une deuxième entrée le signal radiofréquence RFa-b et le signal radiofréquence RFc-d. Une sortie de ce coupleur 34 délivre un signal radiofréquence RFΔE, appelé "signal différence élévation", égal à la somme des signaux radiofréquence RFa-b et RFc-d. Les signaux somme, différence circulaire et différence élévation sont couramment appelés les signaux monopulse. Ces signaux sont généralement reçus sur des voies de réception d'une chaîne de traitement.

[0005] Un degré de liberté peut être introduit dans la formation des signaux somme, différence circulaire et différence élévation. A cet effet, chaque quadrant 2a-2d est découpé en deux secteurs, l'antenne réseau comportant ainsi huit sous-réseaux. Le formateur de voies 3 comporte, en plus des coupleurs 31-34, un ensemble formé d'un commutateur de transfert et d'un coupleur pour chaque quadrant 2a-2d de l'antenne réseau. La figure 2 illustre schématiquement le quadrant 2d d'une telle antenne réseau. Le quadrant 2d est découpé en deux secteurs 21 et 22, chaque secteur délivrant un signal radiofréquence RF21 ou RF22. Un coupleur 23 et un commutateur de transfert 24 sont agencés de manière à recevoir les signaux radiofréquence RF21 et RF22 et à délivrer sur une voie 25 un signal radiofréquence RF25 égal soit au signal radiofréquence RF22, soit à la somme des signaux radiofréquence RF21 et RF22, en fonction de l'état du commutateur 24. La voie 25 est reliée à la deuxième entrée du coupleur 32. L'ensemble formé du commutateur de transfert et du coupleur de chaque quadrant 2a-2d permet ainsi au formateur de voies 3 de délivrer des signaux monopulse basés soit sur l'ensemble des éléments rayonnants 2 de l'antenne réseau 1, soit

sur une partie seulement des éléments rayonnants 2 de l'antenne réseau 1.

[0006] Cependant, avec le développement des traitements radar, ce degré de liberté devient insuffisant. En effet, les antennes réseau nécessitent un découpage de plus en plus fin du réseau en même temps qu'une possibilité de reconfiguration du routage des signaux radiofréquence sur les différentes voies de réception de l'antenne réseau. A titre d'exemple, on peut citer les traitements adaptatifs spatio-temporels, connus de l'homme du métier sous l'expression anglo-saxonne "Space-Time Adaptive Processing" ou STAP. Ces traitements permettent de lutter contre le fouillis et d'éliminer les signaux parasites en émettant un faisceau dont le diagramme de rayonnement présente un lobe principal relativement fin et en effectuant un traitement multivoies à la réception. Plus généralement, une antenne réseau peut être utilisée dans de multiples applications, telles que la détection et la poursuite de cibles, la guerre électronique ou encore les communications. Les sous-réseaux doivent alors être regroupés selon des combinaisons qui dépendent de l'application.

[0007] Les formateurs de voies classiques sont figés, dans le sens où ils ne peuvent pas être reconfigurés de manière à réaliser d'autres opérations sur les signaux radiofréquence issus des sous-réseaux que les opérations préétablies. En l'occurrence, ils ne permettent pas de fournir d'autres signaux que les signaux somme, différence circulaire et différence élévation. Les formateurs de voies classiques ne permettent pas non plus de regrouper des sous-réseaux selon des combinaisons variables. Ils sont donc généralement limités à une seule application spécifique. Une solution pour réaliser n'importe quelle combinaison de sous-réseaux serait de numériser individuellement tous les signaux radiofréquence et de les additionner sous forme numérique. Une telle solution n'est néanmoins pas envisageable à moyen terme pour des antennes comprenant un grand nombre de sous-réseaux, par exemple supérieur à huit. La conversion analogique-numérique et l'acheminement d'un signal radiofréquence pour chaque sous-réseau pose des problèmes de coût et d'encombrement évidents, en particulier lorsque les signaux radiofréquence sont à large bande.

[0008] Un but de l'invention est de fournir un formateur de voies qui soit reconfigurable, c'est-à-dire qui permette de regrouper les sous-réseaux selon différentes combinaisons.

[0009] Le but de l'invention est atteint par l'introduction, dans un formateur de voies pouvant équiper une antenne de $M \times N$ sous-réseaux et composant M voies de sorties, d'ensembles de commutateurs et de sommateurs arrangés en pseudocascade de manière à ce que, dans chaque voie de sortie, un sommateur puisse recevoir n'importe quelle combinaison de N signaux radiofréquence issus des $M \times N$ sous-réseaux en fonction de l'état des commutateurs, le sommateur délivrant sur une voie de sortie un signal radiofréquence égal à la somme des

signaux radiofréquence reçus.

[0010] Selon un premier mode de réalisation de l'invention, le formateur de voies comporte :

- 5 - un premier ensemble de $M \times N$ commutateurs comprenant chacun une entrée et M sorties, l'entrée de chaque commutateur étant apte à recevoir un signal radiofréquence issu de l'un des sous-réseaux, et
- 10 - pour chaque voie de sortie :

■ un deuxième ensemble de $M \times N - N$ commutateurs comprenant chacun une entrée et N sorties, l'entrée de chaque commutateur étant reliée à une sortie de l'un des commutateurs du premier ensemble,

15 ■ un troisième ensemble de N commutateurs comprenant chacun $M \times N - N + 1$ entrées et une sortie, les entrées de chaque commutateur étant reliées à une sortie de chacun des commutateurs du deuxième ensemble et à une sortie de l'un des N commutateurs du premier ensemble non reliés à l'un des commutateurs du deuxième ensemble, et

20 ■ un sommateur comprenant N entrées et une sortie, les entrées étant reliées à la sortie de chacun des commutateurs du troisième ensemble, la sortie formant une voie de sortie.

[0011] Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, le formateur de voies comporte :

- 30 - un premier ensemble de M commutateurs comprenant chacun une entrée et M sorties, l'entrée de chaque commutateur étant apte à recevoir un signal radiofréquence issu de l'un des sous-réseaux,
- 35 - un deuxième ensemble de $M \times N - M$ commutateurs comprenant chacun une entrée et $M \times N$ sorties, l'entrée de chaque commutateur étant apte à recevoir un signal radiofréquence issu de l'un des sous-réseaux, et
- 40 - pour chaque voie de sortie :

45 ■ un troisième ensemble de N commutateurs comprenant chacun $M \times N - N + 1$ entrées et une sortie, les entrées de chaque commutateur étant reliées à une sortie de l'un des M commutateurs du premier ensemble et à une sortie de chacun des commutateurs du deuxième ensemble, et

50 ■ un sommateur comprenant N entrées et une sortie, les entrées étant reliées à la sortie de chacun des commutateurs du troisième ensemble, la sortie formant une voie de sortie.

[0012] L'invention a également pour objet un dispositif d'antenne comportant une antenne réseau et un formateur de voies selon le premier ou le deuxième mode de réalisation, l'antenne réseau comprenant $M \times N$ sous-réseaux chacun apte à délivrer un signal radiofréquence

et M voies de réception chacune apte à recevoir un signal radiofréquence, chaque voie de sortie du formateur de voies étant reliée à l'une des voies de réception de l'antenne réseau.

[0013] L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée de modes de réalisation donnés à titre d'exemple, description faite en regard de dessins annexés qui représentent :

- la figure 1, déjà décrite, une antenne réseau découpée en quatre sous-réseaux et un formateur de voies selon l'art antérieur ;
- la figure 2, déjà décrite, un quadrant d'une antenne réseau découpée en huit sous-réseaux et un formateur de voies adapté selon l'art antérieur ;
- la figure 3, par un synoptique, un exemple de réalisation d'un formateur de voies selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 4, par un synoptique, un exemple de réalisation d'un formateur de voies selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 5, un exemple de dispositif de formation de voies comportant un formateur de voies selon l'art antérieur et un formateur de voies selon l'invention.

[0014] Pour la suite de la description, on appelle commutateur SPkT, un commutateur comportant une entrée et k sorties, et pouvant être commandé pour établir une connexion entre l'entrée et l'une des k sorties. Le commutateur SPkT est bidirectionnel. Par conséquent, les termes "entrée" et "sortie" seront utilisés relativement au sens de transmission du signal dans le commutateur.

[0015] La figure 3 représente, par un synoptique, un exemple de réalisation d'un formateur de voies 300 selon un premier mode de réalisation de l'invention. Le formateur de voies 300 est adapté pour une antenne réseau comportant seize sous-réseaux 301₁ à 301₁₆, notés de façon générique 301_i, et quatre voies de réception. Chaque sous-réseau comporte un ou plusieurs éléments rayonnants et délivre, en mode de réception, un signal radiofréquence. Dans cet exemple, le formateur de voies 300 permet de former quatre voies de sortie A, B, C et D, notées de façon générique X, chaque voie de sortie étant composée de signaux radiofréquence issus de quatre sous-réseaux. Sur la figure 3 ne sont représentés que les éléments relatifs à la formation de la voie A. Le formateur de voies 300 comporte un premier ensemble 310 de seize commutateurs SP4T 310₁ à 310₁₆. Ces commutateurs forment un premier niveau de commutateurs notés de façon générique 310_i. L'entrée de chaque commutateur 310_i est connectée à une sortie d'un sous-réseau 301_i et peut donc recevoir un signal radiofréquence. Les commutateurs 310_i de premier niveau permettent de diriger le signal radiofréquence de chaque sous-réseau 301_i vers l'une des voies de sortie X. Le premier ensemble de commutateurs 310 est donc commun à toutes les voies de sortie A à D. Le formateur de voies 300 comporte

également, pour chaque voie de sortie X, un deuxième ensemble X320 de douze commutateurs SP4T X320₁ à X320₁₂, notés de façon générique X320_j, ainsi qu'un troisième ensemble X330 de quatre commutateurs SP13T X330₁ à X330₄, notés de façon générique X330_m. Les commutateurs X320_j des quatre ensembles X320 et les commutateurs X330_m des quatre ensembles X330 forment respectivement un deuxième et un troisième niveau de commutateurs. L'entrée de chaque commutateur A320_j est reliée à une sortie de l'un des commutateurs 310₅ à 310₁₆, de manière à recevoir le signal radiofréquence de l'un des sous-réseaux 301₅ à 301₁₆. De même, pour les voies B, C et D, l'entrée de chaque commutateur B-D320_j est reliée à une sortie de l'un des commutateurs 310₅ à 310₁₆, de manière à recevoir le signal radiofréquence de l'un des sous-réseaux 301₅ à 301₁₆. Les entrées du commutateur A330₁ sont reliées, d'une part, à une sortie du commutateur 310₁ et, d'autre part, à l'une des sorties de chacun des commutateurs A320_j. De manière analogue, les entrées du commutateur A330₂ sont reliées, d'une part, à une sortie du commutateur 310₂ et, d'autre part, à l'une des sorties de chacun des commutateurs A320_j. De manière générale, les entrées du commutateur X330_n, avec n compris entre 1 et 4, sont reliées, d'une part, à une sortie du commutateur 310_n et, d'autre part, à l'une des sorties de chacun des commutateurs X320_j. Le rôle de chaque commutateur de deuxième niveau X320_j est de diriger les signaux radiofréquence issus des sous-réseaux 301₅ à 301₁₆ vers l'un des commutateurs de troisième niveau X330_m associés à la voie de sortie X correspondante. Le rôle de chaque commutateur de troisième niveau X330_m est de sélectionner, parmi tous les signaux radiofréquence susceptibles d'être reçus des sous-réseaux 301_i, l'un de ces signaux. Le formateur de voies 300 comporte de plus, pour chaque voie de sortie X, un sommateur X34 apte à additionner quatre signaux radiofréquence présents sur ses entrées et à délivrer le signal radiofréquence résultant sur une sortie. En particulier, les entrées de chaque sommateur X34 sont reliées à la sortie de chacun des commutateurs X330_m de la voie de sortie X considérée. Sur chacune des voies de sortie A à D, il est donc possible de délivrer un signal radiofréquence égal à la somme de quatre signaux radiofréquence issus des sous-réseaux 301_i. Il est à noter que les commutateurs SPkT du formateur de voies 300 ne font que diriger les signaux radiofréquence issus des sous-réseaux 301_i vers l'un des sommateurs X34. Ils ne dupliquent pas les signaux. Par conséquent, un signal radiofréquence issu de l'un des sous-réseaux 301_i ne peut composer le signal radiofréquence que d'une seule voie de sortie à la fois et chaque voie de sortie ne peut comporter qu'une seule occurrence d'un signal radiofréquence. Le fait qu'un signal radiofréquence issu d'un sous-réseau 301_i ne soit présent qu'une seule fois sur l'une des voies de sortie X explique que seuls douze commutateurs de deuxième niveau X320_j par voie de sortie X sont nécessaires pour diriger l'ensemble des signaux radiofréquence issus des sous-ré-

seaux 301_i sur chacun des commutateurs de troisième niveau X330_m.

[0016] La description faite en référence à la figure 3 se rapporte à un formateur de voies pour une antenne réseau comportant seize sous-réseaux d'éléments rayonnants devant être rassemblés de manière à former quatre groupes de quatre sous-réseaux chacun. Plus généralement, l'invention s'applique à tout type d'antenne réseau comportant MxN sous-réseaux devant être rassemblés de manière à former M groupes de N sous-réseaux. En d'autres termes, le formateur de voies est un dispositif qui permet de former M voies de sortie X à partir de MxN sous-réseaux 301_i délivrant chacun un signal radiofréquence, le signal radiofréquence de chaque voie de sortie X étant formé d'une somme de N signaux radiofréquence issus des sous-réseaux 301_i. Le formateur de voies selon le premier mode de réalisation de l'invention comporte un premier ensemble 310 de MxN commutateurs SPMT 310_i et, pour chaque voie de sortie X, un deuxième ensemble X320 de MxN-N commutateurs SPNT X320_j, un troisième ensemble X330 de N commutateurs SP(MxN-N+1)T X330_m et un sommateur par N X34, c'est-à-dire apte à additionner N signaux radiofréquence présents sur ses entrées et à délivrer le signal radiofréquence résultant sur une sortie. L'entrée de chaque commutateur 310_i du premier ensemble 310 est reliée à un sous-réseau 301_i de manière à pouvoir recevoir un signal radiofréquence. L'entrée de chaque commutateur X320_j du deuxième ensemble X320 de chaque voie de sortie X est reliée à une sortie de l'un des commutateurs 310_i du premier ensemble 310. Il s'agit par exemple des commutateurs 310_{N+1} à 310_{MxN}. Dans chaque voie de sortie X, l'une des entrées de chaque commutateur X330_m du troisième ensemble X330 est reliée à une sortie de l'un des N commutateurs du premier ensemble 310 non reliés à l'un des commutateurs X320_j du deuxième ensemble X320, en l'occurrence les commutateurs 310₁ à 310_N, et les autres entrées de chaque commutateur X330_m du troisième ensemble X330 sont reliées à l'une des sorties de chacun des commutateurs X320_j du deuxième ensemble X320 de la voie de sortie X considérée. Ainsi, chaque commutateur X330_m de chaque voie de sortie X est susceptible de recevoir n'importe lequel des signaux radiofréquence issus des sous-réseaux 301_i, exception faite des signaux radiofréquence issus des sous-réseaux reliés aux commutateurs 310_i du premier ensemble 310 eux-mêmes reliés à l'un des autres commutateurs X330_m de la même voie de sortie X. Dans chaque voie de sortie X, les entrées du sommateur X34 sont reliées à la sortie de chacun des commutateurs X330_m du troisième ensemble X330 de la voie de sortie X considérée. Les sorties des sommateurs X34 forment les voies de sortie X du formateur de voies.

[0017] La figure 4 représente, par un synoptique, un exemple de réalisation d'un formateur de voies 400 selon un deuxième mode de réalisation de l'invention. Le formateur de voies 400 est adapté pour une antenne réseau comportant seize sous-réseaux 301₁ à 301₁₆, notés de

façon générique 301_i. Comme le formateur de voies 300 décrit en référence à la figure 3, le formateur de voies 400 permet de former quatre voies de sortie A, B, C et D, notées de façon générique X, chaque voie de sortie étant composée de signaux radiofréquence issus de quatre sous-réseaux. Sur la figure 4 ne sont représentés que les éléments relatifs à la formation de la voie A. Le formateur de voies 400 comporte un premier ensemble 410 de quatre commutateurs SP4T 410₁ à 410₄, notés de façon générique 410_p et un deuxième ensemble 420 de douze commutateurs SP16T 420₁ à 420₁₂, notés de façon générique 420_q. Les commutateurs 410_p et 420_q forment respectivement un premier et un deuxième niveau de commutateurs. Ces commutateurs sont communs à toutes les voies de sortie A à D. La sortie de chaque sous-réseau 301_i est connectée soit à l'entrée d'un commutateur 410_p, soit à l'entrée d'un commutateur 420_q. A titre d'exemple, les sorties des sous-réseaux 301₁ à 301₄ sont connectées aux entrées des commutateurs 410_p et les sorties des sous-réseaux 301₅ à 301₁₆ sont connectées aux entrées des commutateurs 420_q. De manière identique au formateur de voies 300 décrit en référence à la figure 3, le formateur de voies 400 comporte, pour chaque voie de sortie X, un troisième ensemble X330 de quatre commutateurs SP13T X330₁ à X330₄. Ces commutateurs sont notés de façon générique X330_m et forment, collectivement pour toutes les voies A à D, un troisième niveau de commutateurs. Les entrées du commutateur A330₁ sont reliées, d'une part, à une sortie du commutateur 410₁ et, d'autre part, à l'une des sorties de chacun des commutateurs 420_q. De manière analogue, les entrées du commutateur A330₂ sont reliées, d'une part, à une sortie du commutateur 410₂ et, d'autre part, à l'une des sorties de chacun des commutateurs 420_q. De manière générale, les entrées du commutateur X330_n, avec n compris entre 1 et 4, sont reliées, d'une part, à une sortie du commutateur 410_n et, d'autre part, à l'une des sorties de chacun des commutateurs 420_q. Le rôle des commutateurs de premier et de deuxième niveau 410_p et 420_q est de permettre de diriger l'ensemble des signaux radiofréquence issus des sous-réseaux 301_i vers chacun des commutateurs de troisième niveau X330_m. Le rôle de chaque commutateur de troisième niveau X330_m est de sélectionner, parmi tous les signaux radiofréquence susceptibles d'être reçus des sous-réseaux 301_i l'un de ces signaux. De manière identique au formateur de voies 300, le formateur de voies 400 comporte, pour chaque voie de sortie X, un sommateur X34 apte à additionner quatre signaux radiofréquence présents sur ses entrées et à délivrer le signal radiofréquence résultant sur une sortie. En particulier, les entrées de chaque sommateur X34 sont reliées à la sortie de chacun des commutateurs X330_m de la voie de sortie X considérée. Sur chacune des voies de sortie A à D, il est donc possible de délivrer un signal radiofréquence égal à la somme de quatre signaux radiofréquence issus des sous-réseaux 301_i. Il est à noter que les commutateurs SPkT du formateur de voies 400 ne font que diriger

les signaux radiofréquence issus des sous-réseaux 301_i vers l'un des sommateurs $X34$. Ils ne dupliquent pas les signaux. Par conséquent, un signal radiofréquence issu de l'un des sous-réseaux 301_i ne peut composer le signal radiofréquence que d'une seule voie de sortie à la fois et chaque voie de sortie ne peut comporter qu'une seule occurrence d'un signal radiofréquence. Le fait qu'un signal radiofréquence issu d'un sous-réseau 301_i ne soit présent qu'une seule fois sur l'une des voies de sortie X explique que seuls douze commutateurs de deuxième niveau $420q$ sont nécessaires pour diriger l'ensemble des signaux radiofréquence issus des sous-réseaux 301_i sur chacun des commutateurs de troisième niveau $X330_m$.

[0018] La description faite en référence à la figure 4 se rapporte à un formateur de voies pour une antenne réseau comportant seize sous-réseaux d'éléments rayonnants devant être rassemblés de manière à former quatre groupes de quatre sous-réseaux chacun. Plus généralement, l'invention s'applique à tout type d'antenne réseau comportant $M \times N$ sous-réseaux devant être rassemblés de manière à former M groupes de N sous-réseaux. En d'autres termes, le formateur de voies est un dispositif qui permet de former M voies de sortie X à partir de $M \times N$ sous-réseaux 301_i délivrant chacun un signal radiofréquence, le signal radiofréquence de chaque voie de sortie X étant formé d'une somme de N signaux radiofréquence issus des sous-réseaux 301_i . Le formateur de voies selon le deuxième mode de réalisation de l'invention comporte un premier ensemble 410 de M commutateurs $SPMT\ 410_p$, un deuxième ensemble 420 de $M \times N - M$ commutateurs $SP(M \times N)T\ 420q$ et, pour chaque voie de sortie X , un troisième ensemble $X330$ de N commutateurs $SP(M \times N - N + 1)T\ X330_m$ et un sommateur par $N\ X34$, c'est-à-dire apte à additionner N signaux radiofréquence présents sur ses entrées et à délivrer le signal radiofréquence résultant sur une sortie. L'entrée de chaque commutateur 410_p du premier ensemble 410 est reliée à l'un des sous-réseaux, par exemple les sous-réseaux 301_1 à 301_M , de manière à pouvoir recevoir un signal radiofréquence. L'entrée de chaque commutateur $420q$ du deuxième ensemble 420 est reliée à l'un des sous-réseaux non reliés à l'un des commutateurs 410_p , en l'occurrence les sous-réseaux 301_{M+1} à $301_{M \times N}$. Dans chaque voie de sortie X , l'une des entrées de chaque commutateur $X330_m$ du troisième ensemble $X330$ est reliée à une sortie de l'un des M commutateurs 410_p du premier ensemble 410 et les autres entrées de chaque commutateur $X330_m$ du troisième ensemble $X330$ sont reliées à l'une des sorties de chacun des commutateurs $420q$ du deuxième ensemble 420. Ainsi, chaque commutateur $X330_m$ de chaque voie de sortie X est susceptible de recevoir n'importe lequel des signaux radiofréquence issus des sous-réseaux 301_i , exception faite des signaux radiofréquence issus des sous-réseaux reliés aux commutateurs 410_p du premier ensemble 410 eux-mêmes reliés à l'un des autres commutateurs $X330_m$ de la même voie de sortie X . Dans chaque voie de sortie X ,

les entrées du sommateur $X34$ sont reliées à la sortie de chacun des commutateurs $X330_m$ du troisième ensemble $X330$ de la voie de sortie X considérée. Les sorties des sommateurs $X34$ forment les voies de sortie X du formateur de voies.

[0019] Le formateur de voies selon le deuxième mode de réalisation de l'invention présente l'avantage, par rapport au formateur de voies selon le premier mode de réalisation, de fournir des chemins radiofréquence équilibrés, un chemin radiofréquence étant défini comme un chemin entre l'un des sous-réseaux et l'un des sommateurs. En d'autres termes, tous les signaux radiofréquence reçus sur une entrée d'un sommateur passent par un même nombre de commutateurs, en l'occurrence deux commutateurs.

[0020] Les formateurs de voies selon les premier et deuxième modes de réalisation permettent tous deux de réaliser un nombre de combinaisons de signaux radiofréquence égal à $(M \times N) ! / [N ! \times (M \times N - N) !]$. Il est possible d'affecter un nombre différent de sous-réseaux par voie de sortie X . Les commutateurs de troisième niveau et les sommateurs sont alors déterminés en conséquence pour chaque voie de sortie.

[0021] Le formateur de voies selon le premier ou le deuxième mode de réalisation de l'invention peut être associé à un formateur de voies dit standard, c'est-à-dire un formateur de voies tel que celui représenté à la figure 1 et délivrant des signaux somme, différence circulaire et différence élévation à partir de signaux radiofréquences issus de sous-réseaux découpés en quadrants. La figure 5 représente un dispositif de formation de voies comportant un circuit de routage 51, un formateur de voies standard 52 et un formateur de voies reconfigurable 53 selon le premier ou le deuxième mode de réalisation. Le circuit de routage 51 comporte $M \times N$ entrées 511 aptes à recevoir des signaux radiofréquence issus de $M \times N$ sous-réseaux 301_i et des moyens 512 pour diriger les signaux radiofréquence vers le formateur de voies standard 52, vers le formateur de voies reconfigurable 53, ou vers les deux formateurs de voies. A cet effet, les moyens 512 peuvent comporter soit un ensemble de $M \times N$ commutateurs, soit un ensemble de $M \times N$ coupleurs, chaque commutateur ou coupleur comportant une entrée connectée à l'une des entrées 511 et deux sorties, une première sortie étant connectée à une entrée du formateur de voies standard 52 et une deuxième sortie étant connectée à une entrée du formateur de voies reconfigurable 53. Le circuit de routage 51 peut également comporter une entrée test 513 permettant d'injecter des signaux radiofréquence de test en entrée des formateurs de voies. L'entrée test 513 est par exemple reliée aux entrées des formateurs de voies par l'intermédiaire d'un diviseur 514, d'un coupleur 515 et des moyens 512 pour diriger les signaux radiofréquence. Le diviseur 514 est un diviseur par $M \times N$ permettant d'envoyer ou de recevoir un signal de test vers ou en provenance de chacun des sous-réseaux 301_i . Le circuit de routage 51 est couramment inséré dans les antennes réseau en entrée du for-

mateur de voies standard 52. Il forme, avec le formateur de voies standard

[0022] 52 un circuit standard 55. Ce circuit standard 55 est ainsi apte à délivrer les signaux somme, différence circulaire et différence élévation. Le formateur de voies reconfigurable 53 forme un circuit dit circuit reconfigurable 56 apte à délivrer des signaux radiofréquence composés chacun d'une somme de signaux radiofréquence, la composition de chaque signal radiofréquence pouvant être configurée en commandant les commutateurs du formateur de voies reconfigurable 53.

Revendications

1. Formateur de voies pouvant équiper une antenne réseau comportant MxN sous-réseaux (301_i), le formateur de voies (300) composant M voies de sortie (X) et étant **caractérisé en ce qu'il** comporte :

- un premier ensemble (310) de MxN commutateurs (310_i) comprenant chacun une entrée et M sorties, l'entrée de chaque commutateur (310_i) étant apte à recevoir un signal radiofréquence issu de l'un des sous-réseaux (301_i), et
- pour chaque voie de sortie (X) :

- un deuxième ensemble (X320) de MxN-N commutateurs ($X320_i$) comprenant chacun une entrée et N sorties, l'entrée de chaque commutateur ($X320_i$) étant reliée à une sortie de l'un des commutateurs (310_{N+1} - $310_{M \times N}$) du premier ensemble (310),

- un troisième ensemble (X330) de N commutateurs ($X330_m$) comprenant chacun MxN-N+1 entrées et une sortie, les entrées de chaque commutateur ($X330_m$) étant reliées à une sortie de chacun des commutateurs ($X320_i$) du deuxième ensemble (X320) et à une sortie de l'un des N commutateurs (310_1 - 310_N) du premier ensemble (310) non reliés à l'un des commutateurs ($X320_i$) du deuxième ensemble (X320), et

- un sommateur (X34) comprenant N entrées et une sortie, les entrées étant reliées à la sortie de chacun des commutateurs ($X330_m$) du troisième ensemble (X330), la sortie formant une voie de sortie (X).

2. Formateur de voies pouvant équiper une antenne réseau comportant MxN sous-réseaux (301_i), le formateur de voies (400) composant M voies de sortie (X) et étant **caractérisé en ce qu'il** comporte :

- un premier ensemble (410) de M commutateurs (410_p) comprenant chacun une entrée et M sorties, l'entrée de chaque commutateur (410_p) étant apte à recevoir un signal radiofré-

quence issu de l'un des sous-réseaux (301_1 - 301_M),

- un deuxième ensemble (420) de MxN-M commutateurs (420_q) comprenant chacun une entrée et MxN sorties, l'entrée de chaque commutateur (420_q) étant apte à recevoir un signal radiofréquence issu de l'un des sous-réseaux (301_{M+1} - $301_{M \times N}$), et

- pour chaque voie de sortie (X) :

- un troisième ensemble (X330) de N commutateurs ($X330_m$) comprenant chacun MxN-N+1 entrées et une sortie, les entrées de chaque commutateur ($X330_m$) étant reliées à une sortie de l'un des M commutateurs (410_p) du premier ensemble (410) et à une sortie de chacun des commutateurs (420_q) du deuxième ensemble (420), et

- un sommateur (X34) comprenant N entrées et une sortie, les entrées étant reliées à la sortie de chacun des commutateurs ($X330_m$) du troisième ensemble (X330), la sortie formant une voie de sortie (X).

3. Dispositif d'antenne comportant une antenne réseau et un formateur de voies (300, 400) selon l'une des revendications 1 et 2, l'antenne réseau comprenant MxN sous-réseaux (301_i) chacun apte à délivrer un signal radiofréquence et M voies de réception chacune apte à recevoir un signal radiofréquence, chaque voie de sortie (X) du formateur de voies (300, 400) étant reliée à l'une des voies de réception de l'antenne réseau.

4. Dispositif d'antenne selon la revendication 3 comportant un formateur de voies (300) selon la revendication 1, dans lequel une sortie de chaque sous-réseau (301_i) de l'antenne réseau est reliée à l'entrée de l'un des commutateurs (310_i) du premier ensemble (310).

5. Dispositif d'antenne selon la revendication 3 comportant un formateur de voies (400) selon la revendication 2, dans lequel une sortie de M sous-réseaux (301_1 - 301_m) de l'antenne réseau est reliée à l'entrée de l'un des commutateurs (410_p) du premier ensemble (410), une sortie des MxN-M sous-réseaux (301_{M+1} - $301_{M \times N}$) restants étant reliée à l'entrée de l'un des commutateurs (420_q) du deuxième ensemble (420).

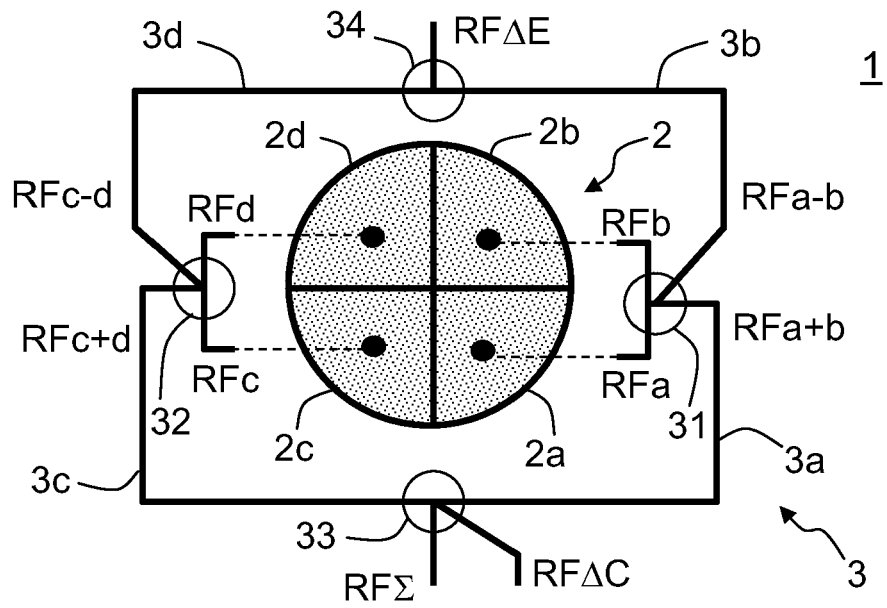


FIG.1

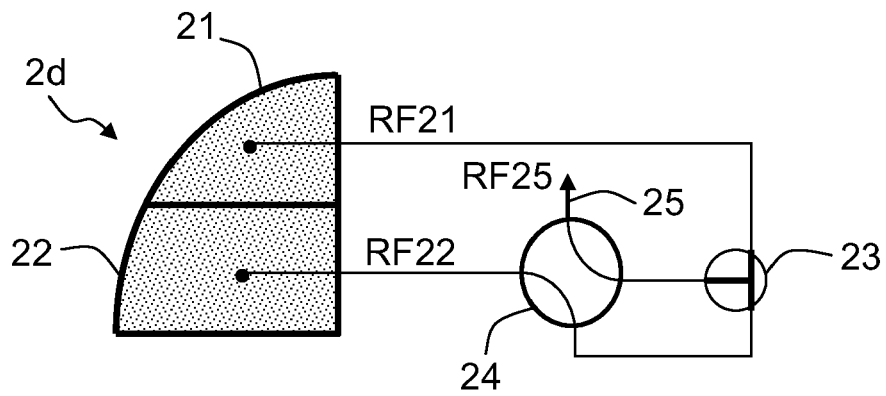


FIG.2

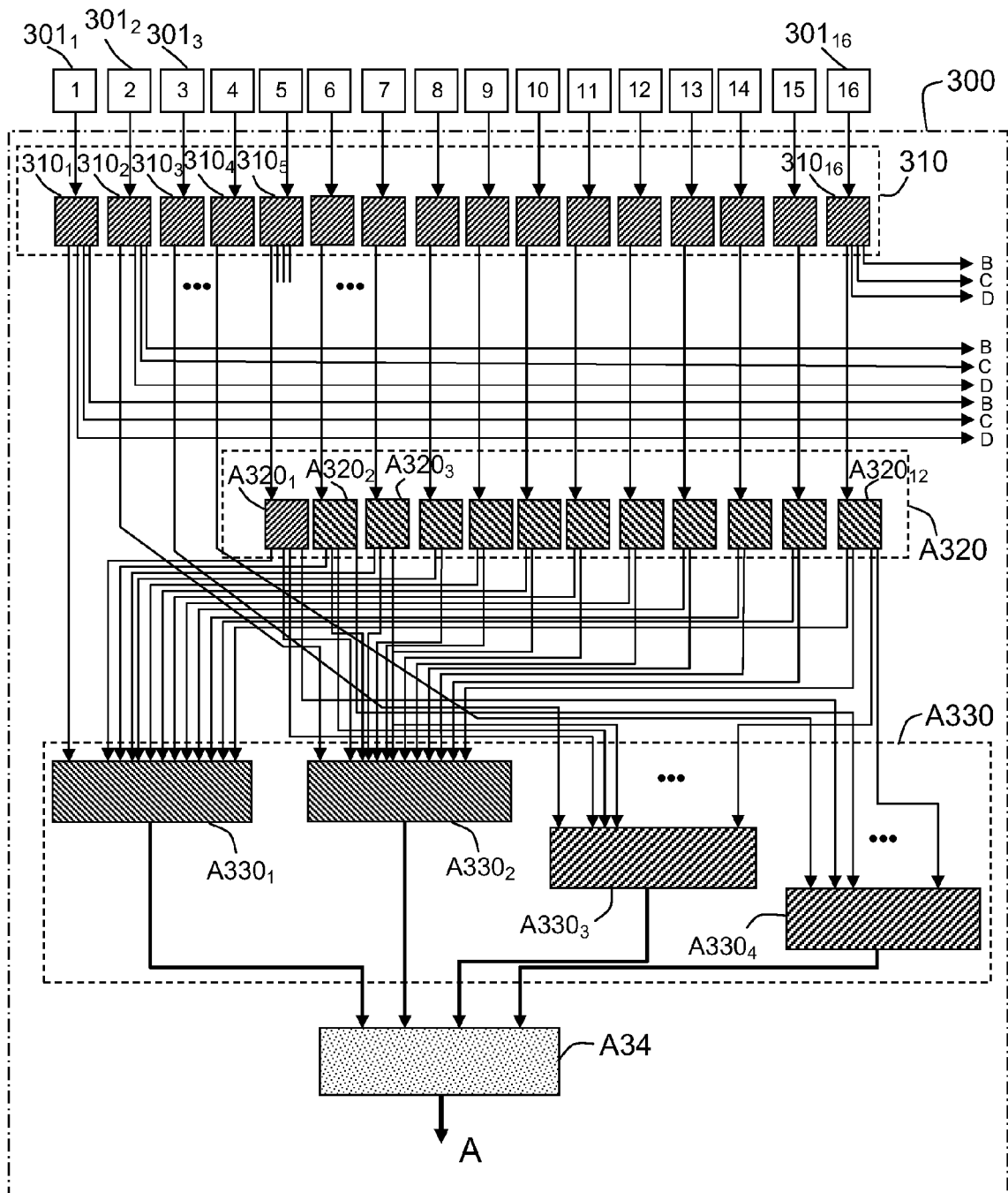


FIG.3

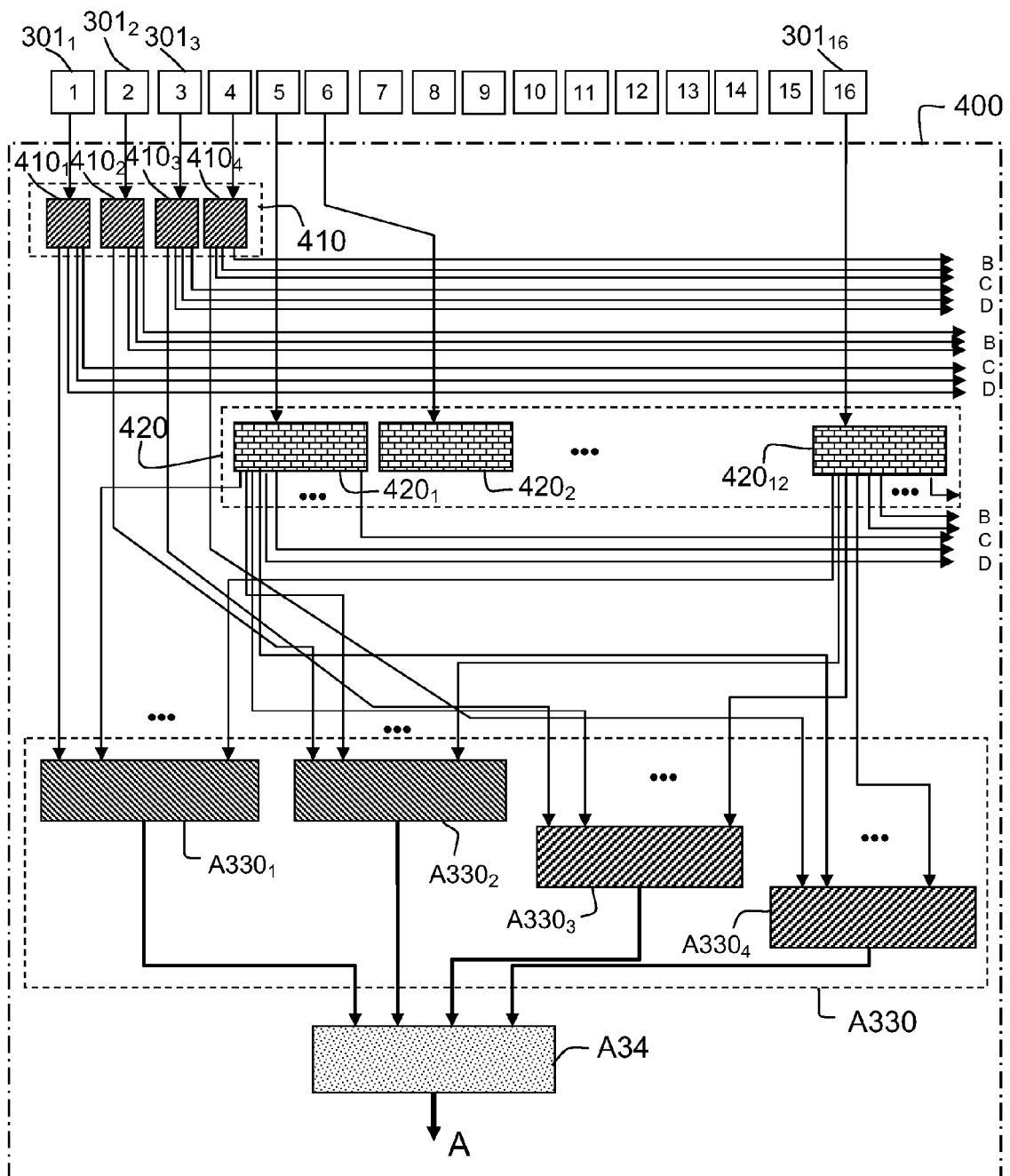


FIG.4

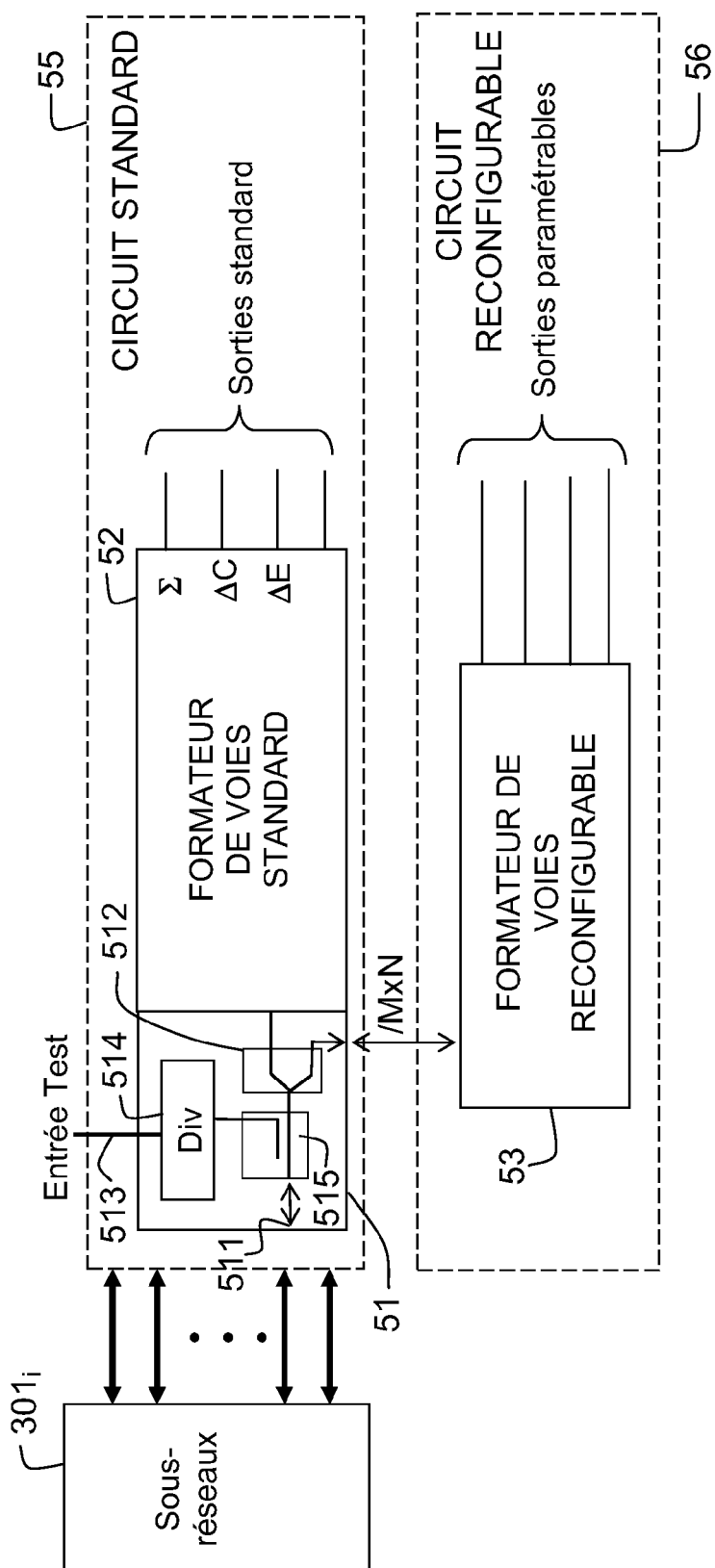


FIG.5



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 11 15 6010

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	FR 2 686 457 A1 (THOMSON CSF [FR]) 23 juillet 1993 (1993-07-23) * abrégé; figures 1-8 * * colonne 4, ligne 32 - colonne 5, ligne 8 *	1-5	INV. H01Q3/24 H01Q3/26
A	US 5 151 706 A (ROEDERER ANTOINE [NL] ET AL) 29 septembre 1992 (1992-09-29) * abrégé; figures 2,6 * * page 4, ligne 4-30 *	1-5	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H01Q
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
Munich		27 mai 2011	Cordeiro, J
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 11 15 6010

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

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

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

27-05-2011

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2686457	A1	23-07-1993	AUCUN	

US 5151706	A	29-09-1992	CA 2059584 A1	01-08-1992
			DE 69200720 D1	12-01-1995
			EP 0497652 A1	05-08-1992
			FR 2672436 A1	07-08-1992
			JP 2607198 B2	07-05-1997
			JP 4319804 A	10-11-1992

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82