



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt : **93402925.7**

(51) Int. Cl.⁵ : **H01Q 21/24**

(22) Date de dépôt : **02.12.93**

(30) Priorité : **04.12.92 FR 9214661**

(43) Date de publication de la demande :
08.06.94 Bulletin 94/23

(84) Etats contractants désignés :
DE ES FR GB IT SE

(71) Demandeur : **ALCATEL ESPACE**
11, avenue Dubonnet
F-92407 Courbevoie Cédex (FR)

(72) Inventeur : **Caille, Gérard**
7, rue de Vérasque
F-31170 Tournefeuille (FR)

(74) Mandataire : **Pothet, Jean Rémy Emile Ludovic**
et al
c/o SOSPI
14-16 rue de la Baume
F-75008 Paris (FR)

(54) **Antenne active à synthèse de polarisation variable.**

(57) L'invention concerne un circuit hyperfréquence d'émission/réception (E/R) pour antenne réseau avec synthèse de polarisation, notamment pour antenne radar. Selon l'invention, la polarisation voulue est obtenue en appliquant deux signaux à un élément rayonnant de l'antenne, sur deux voies d'accès orthogonales, ayant un déphasage commandable entre les deux voies, et les deux voies fonctionnant simultanément. Dans une réalisation préférée, les deux voies d'émission sont équipées de deux amplificateurs de puissance qui amplifient chacun un signal provenant d'un diviseur de puissance en phase ou d'un coupleur hybride, avec un déphasage commandable d'un ou deux bits, qui ajoute un déphasage de 0, 90, ou 180°, permettant la synthèse de polarisations orthogonales linéaires ou circulaires. Selon une réalisation préférentielle, le circuit selon l'invention est réalisé en partie ou en totalité en technologie monolithique (MMIC). L'invention porte également sur une antenne comportant un circuit E/R ayant les caractéristiques ci-dessus.

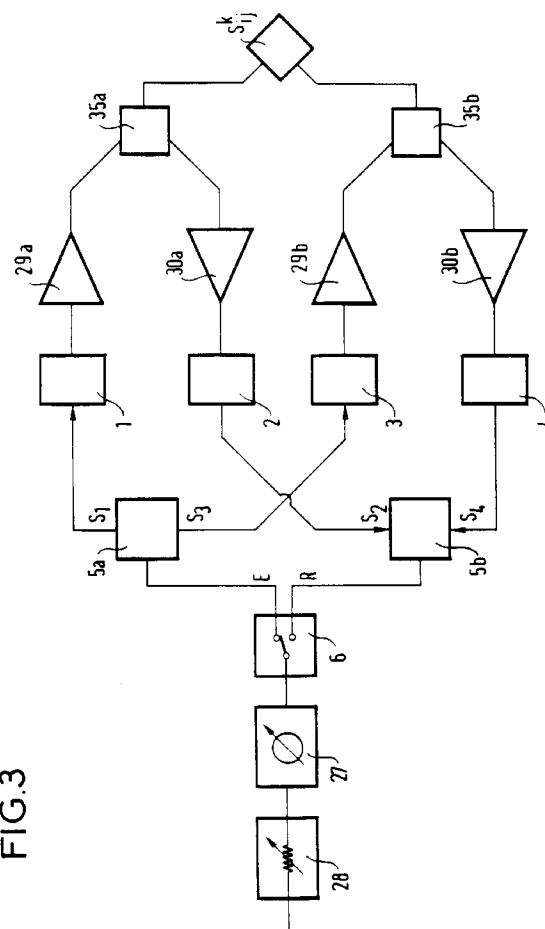


FIG.3

L'invention concerne des antennes actives, qui sont constituées d'un grand nombre de sources rayonnantes excitées par des amplificateurs hyperfréquence de puissance en émission, ou dont les signaux reçus sont amplifiés par des amplificateurs faible bruit à la réception. De telles antennes sont utilisées dans des applications diverses telles les télécommunications ou les radars ; l'invention sera particulièrement avantageuse pour les radars. Dans le domaine des radars en effet, l'architecture habituelle d'un radar monostatique implique l'utilisation d'une voie d'émission et d'une voie de réception qui aboutissent sur une même source rayonnante. Habituellement, un commutateur permet la sélection de la voie d'émission pour transmettre un signal radar en impulsions, l'espace temporel entre les impulsions d'émission étant mis à profit pour écouter, en sélectionnant la voie de réception, les échos radar qui reviennent de l'environnement.

Dans le domaine des télécommunications, l'augmentation de la demande fait que l'on cherche une meilleure utilisation du spectre radioélectrique. Ce souci se traduit par l'utilisation des faisceaux fins, orientables, et parfois même polarisés pour permettre la réutilisation de fréquences. Ces caractéristiques peuvent être réunies avantageusement dans des réalisations d'antennes réseau. L'invention trouvera une application dans de telles antennes de télécommunications, conçues plus particulièrement mais non-exclusivement pour l'émission.

Dans le domaine de radars multistatiques, des antennes d'émission et de réception sont espacées les unes des autres, parfois par des dizaines, voire des centaines de kilomètres. Des antennes réseau peuvent être conçues pour remplir les deux missions, émission et réception, ou elles peuvent être conçues pour remplir l'une seulement de ces deux missions. Une variante de l'invention sera applicable pour chacune de ces possibilités.

La conception d'antennes actives pour radars monostatiques a considérablement évolué ces dernières années, et à l'état de l'art actuel, les sources rayonnantes sont reliées à des modules actifs émission/réception (MAER ou T/R en anglais), réalisés en technologie MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuits) ou en technologie hybride. La commutation émission/réception est généralement incluse dans le module actif, dont un schéma de principe est donné sur la figure 1, avec son implantation au sein de l'antenne.

La figure 1 montre schématiquement une antenne active de radar, fonctionnant alternativement en émission et en réception. L'alternance des fonctions émission / réception est assurée par des commutateurs 25, 52 commandés par une horloge de synchronisation 24. Sur cette figure 1, des polarisations orthogonales peuvent être sélectionnées par le commutateur 26, pour la réception comme pour

l'émission. La phase et le gain sont commandables par des moyens de commande 23, aussi bien en émission qu'en réception. Les valeurs de commande qui seront fournies pour la commande d'une voie de réception donnée, ne sont pas forcément les mêmes que pour la même voie utilisée pour l'émission.

Sur la figure 1, un seul module actif émission / réception est montré, comprenant le déphaseur commandable 27 et un atténuateur commandable 28, pour ajuster le gain du module. Cependant, il faut un module actif par voie et, dans cet exemple, il y a $m \cdot m'$ voies, chaque voie étant reliée à une source rayonnante composée de K radiateurs élémentaires S_{ij}^1 à S_{ij}^K , m' étant le nombre de colonnes de sources, dont seule la première et la deuxième sont (partiellement) représentées.

En mode émission, l'émetteur 21 fournit ses signaux à un répartiteur/combiner 22, qui alimente les modules actifs E/R. La phase et l'atténuation du signal seront déterminées par le déphaseur commandable 27 et l'atténuateur commandable 28, selon les instructions données par le calculateur de commande 23. Ensuite, les commutateurs 25 et 52 seront commandés par l'horloge 24 pour engager la voie de puissance, et le signal sera amplifié par l'amplificateur de puissance 29, avant d'être envoyé sur les sources rayonnantes S_{ij} .

En mode réception, le récepteur 31 reçoit les signaux du combineur/répartiteur 22, qui sont acheminés par les modules actifs E/R. Dans les modules E/R, les signaux provenant des sources rayonnantes S_{ij} sont commutés par les commutateurs 25, 52 sur la voie réception et traversent un amplificateur faible bruit 30. Ensuite, le déphasage et l'atténuation sont appliqués par le déphaseur commandable 27 et l'atténuateur commandable 28, commandés par le calculateur de commande 23.

Cette configuration permet le balayage électronique du faisceau, en émission et en réception grâce aux déphaseurs commandables. Les faisceaux peuvent également être formés, par exemple avec des flancs raides et des lobes secondaires faibles, pour améliorer les performances de l'antenne quant aux ambiguïtés d'échos, et en présence de sources de bruit, grâce aux déphaseurs et atténuateurs commandables. Finalement, grâce aux commutateurs 26, l'une des deux polarisations orthogonales peut être sélectionnée, intéressant pour le radar car le signal utile et le bruit présentent des variations différentes selon la polarisation, ce qui permet une optimisation du rapport de signal sur bruit en agissant sur la polarisation.

En effet, les performances d'un radar sont caractérisées essentiellement par un bilan de liaison qui détermine le rapport signal utile sur bruit indésirable. Les termes qui dépendent de la partie hyperfréquences du radar sont les suivants :

$$M = N \cdot P_e - L_e + D_e + D_r - L_r - FB ; \text{ ou :}$$

M est le facteur de mérite de l'antenne ;

N est le nombre d'amplificateurs de puissance ;

P_e représente la puissance émise par chaque amplificateur

L_e représente les pertes après le (ou les) amplificateur(s) de puissance ;

D_e et D_r représentent les directivités des diagrammes générés par le réseau des éléments rayonnants, respectivement en émission et en réception ;

L_r représente les pertes avant le (ou les) amplificateur(s) faible bruit en réception ;

FB représente le facteur de bruit de la chaîne réception. Si le gain du premier amplificateur faible bruit est suffisant, le facteur du bruit de la chaîne de réception est pratiquement égal au facteur du bruit de l'amplificateur faible bruit.

Il en ressort que, pour avoir le meilleur facteur de mérite, on cherche à minimiser les pertes et le facteur de bruit de la chaîne de réception, tout en optimisant la puissance émise et la directivité des diagrammes de rayonnement. Pour une puissance élémentaire P_e donnée d'une source du réseau, les directivités ainsi que le terme en $N \cdot P_e$ peuvent être optimisés avec un plus grand nombre de sources.

Les sources élémentaires, dans le cadre de la présente invention, sont des éléments rayonnants capable de fournir un rayonnement polarisé, dont la polarisation peut prendre au moins deux valeurs orthogonales, par exemple horizontale (H) et verticale (V), ou encore polarisations circulaires droite et gauche (D,G).

Les cornets à embouchure carrée, circulaire ou hexagonale sont des éléments rayonnants qui peuvent générer des polarisations H ou V. Ils sont particulièrement adaptés aux antennes de forte puissance ou la masse n'est pas un élément critiqué.

Les éléments rayonnants imprimés (connu de l'homme de métier par le nom en anglais "patch") sont des pavés métalliques photogravés sur un mince substrat diélectrique présentant des faibles pertes hyperfréquence. Ils permettent la réalisation de panneaux rayonnants comportant un grand nombre de sources élémentaires, ces panneaux pouvant être minces, légers, et même conformables. Pour générer des polarisations orthogonales avec des patches, il suffit de les exciter par deux points décalés de 90° par rapport au centre du patch, tel que montré sur la figure 1. La liaison entre le MAER et le patch peut être en ligne coaxiale ou en microruban, par exemple. Si un seul MAER doit commander plusieurs patches, ils peuvent être regroupés en sous-réseaux, reliés au MAER par des répartiteurs en ligne microruban pour chaque polarisation H et V.

Pour générer des polarisations circulaires rayonnées par des patches, il suffit des mêmes excitations que celles qui sont nécessaires pour générer des po-

larisations linéaires orthogonales ; seulement les excitations orthogonales linéaires doivent être décalées par 90° en phase, en plus de leur décalage physique de 90° autour du centre du patch. Ceci est facilement obtenu en utilisant un coupleur hybride 90°, placé entre le MAER et le patch, dont l'excitation sur l'une de ses entrées nous donne la polarisation circulaire droite, et sur l'autre de ses entrées nous donne la polarisation circulaire gauche.

Pour exciter des cornets en polarisations circulaires, il est connu l'utilisation d'excitation moyennant des tels orthomodes et polariseurs. Ces techniques sont bien connues de l'homme de l'art, et il ne sera pas nécessaire de les expliquer d'avantage pour la bonne compréhension de la présente invention.

Par rapport à la configuration de la figure 1, il est connu d'apporter quelques modifications permettant d'améliorer le facteur de mérite de l'antenne en réduisant les pertes du circuit entre les sources de l'antenne et les amplificateurs. D'une part, les commutateurs E/R (émission/réception) les plus près des sources (repère 52 sur la figure 1) peuvent être remplacés par des circulateurs, plus encombrants et plus lourds, mais avec des pertes plus faibles et une meilleure tenue en puissance. D'autre part, la commutation entre polarisations H et V peut être effectuée en amont de l'amplificateur de puissance, telle que montrée sur la figure 2. Les pertes L_e et L_r sont ainsi réduites, mais il faut alors doubler ces chaînes d'amplification, comme nous le voyons sur la figure 2.

Sur la figure 2, nous voyons que les mêmes éléments comportent les mêmes repères que sur la figure 1 ; seuls les repères associés à l'une ou à l'autre des chaînes amplificatrices portent des indices qui nous signalent leur appartenance : l'indice "a" pour la chaîne H, et l'indice "b" pour la chaîne V. La commande de phase et d'atténuation d'amplitude est toujours effectuée par les moyens de commande 23, et la commande de la polarisation H ou V, ainsi que la sélection d'émission ou de réception émanent de l'horloge 24, dont la sortie est reliée au commutateur de polarisation 26 ainsi qu'aux deux commutateurs E/R 25a, 25b.

Le circuit de la figure 2 comporte en outre, une protection complémentaire des amplificateurs faible bruit contre des réflexions intempestives éventuelles revenant des sources rayonnantes S_{ij} quand elles sont alimentées par les amplificateurs de puissance, en cas de désadaptation de l'antenne. Ces moyens de protection sont des commutateurs 32a, 32b placés en shunt vers la masse, sur les entrées des amplificateurs faible bruit. Ces commutateurs sont également commandés par l'horloge 24, en même temps et en synchronisation avec les commutateurs E/R 25a, 25b. Les isolateurs facultatifs 33a, 33b, permettent d'évacuer vers la masse la puissance réfléchie (une deuxième fois) par ces moyens de protection

32a, 32b.

Dans la position émission de ces commutateurs 25a, 25b, l'un ou l'autre des amplificateurs hyperfréquence de puissance, 29a ou 29b, sera sollicité, selon la position du commutateur de polarisation 26.

Les circulateurs hyperfréquence 52a, 52b remplacent avantageusement, sur les chaînes amplificatrices H, V respectivement, le commutateur 52 du MAER de la figure 1. Les pertes d'insertion des circulateurs sont inférieures aux pertes occasionnées par les commutateurs classiques utilisés dans les MAER.

Dans la position réception de ces commutateurs 25a, 25b, et éventuellement 32a, 32b, l'un ou l'autre des amplificateurs hyperfréquence de faible bruit, 30a ou 30b, sera sollicité, selon la position du commutateur de polarisation 26.

Dans ces systèmes connus de l'art antérieur, tels que nous les avons présentés, il subsistent des inconvénients importants dus aux différents commutateurs nécessaires pour effectuer soit l'émission, soit la réception, soit en polarisation H, soit en V ou bien soit en polarisation circulaire D, soit en G.

Si, selon une première solution de l'art antérieur, les commutateurs sont situés entre les amplificateurs et les éléments rayonnants (fig. 1), ils grèvent lourdement le bilan de liaison du radar (ou le facteur de mérite de l'antenne active), par leurs pertes L_e et L_r qui interviennent deux fois, en émission et en réception.

Si, au contraire et selon une deuxième solution de l'art antérieur, les commutateurs sont placés en amont des amplificateurs de puissance, et en aval des amplificateurs faible bruit (fig. 2), ce premier problème est évité, mais dans ce cas il faut deux amplificateurs de chaque type pour chaque source rayonnante, dont l'un seulement sur les quatre fonctionne à un moment donné, à tour de rôle selon la polarisation et selon l'émission ou la réception. L'encombrement et la masse du MAER sont augmentés, sans que la puissance ne le soit. Le facteur de mérite est augmenté par la diminution des pertes, car il n'y a plus de commutateur de polarisation à haut niveau. Ceci est particulièrement pénalisant pour des missions embarqués, d'autant plus pour les satellites que pour les aéronefs. En outre, les MAER de la figure 2 risquent fort de coûter presque deux fois plus chers que ceux de la figure 1.

L'invention permet de pallier ces inconvénients de l'art antérieur. Selon l'invention, une configuration de MAER est proposée qui évitent les pertes des commutateurs de la première solution, sans augmenter la masse et l'encombrement de l'ensemble, à puissance égale, comme dans la deuxième solution.

A ces fins, l'invention propose un circuit hyperfréquence d'émission et de réception (E/R) alternées pour antenne réseau à synthèse de polarisation variable, ce circuit E/R apte à fournir des signaux d'ex-

citation pour au moins deux polarisations orthogonales à des sources rayonnantes via deux voies respectives, ces voies alimentées respectivement par deux chaînes amplificatrices de puissance en émission ; ce circuit E/R apte à recevoir au moins deux signaux ayant des polarisations orthogonales détectées par ces mêmes sources et alimentant deux chaînes amplificatrices faible bruit en réception ; ledit circuit E/R comportant outre le déphaseur situé sur la voie commune destiné à dépointer ou former le faisceau, au moins un déphaseur commandable sur une voie d'émission, et au moins un déphaseur commandable sur une voie de réception destiné à choisir la polarisation ; ledit circuit **caractérisé en ce que** les deux chaînes amplificatrices de puissance fonctionnent simultanément lors de l'émission, et en ce que les deux chaînes amplificatrices faible bruit fonctionnent simultanément lors de la réception.

Selon une caractéristique préférée, les polarisations H (horizontale) et V (verticale) sont obtenues par somme ou différence de deux polarisations orthogonales, inclinées de 45° par rapport à l'horizontale : chacune d'elles est reliée directement à l'une des deux voies du circuit E/R.

Selon une réalisation avantageuse, les deux chaînes amplificatrices de puissance sont alimentées à partir d'un diviseur de puissance en phase, permettant la synthèse aisée des polarisations linéaires orthogonales ; selon une autre réalisation avantageuse, les deux chaînes amplificatrices de puissance sont alimentées à partir d'un coupleur hybride à deux sorties déphasées de 90° , permettant la synthèse aisée des polarisations circulaires.

Selon une caractéristique, lesdits déphaseurs sont des déphaseurs commandables numériques d'un bit, ce bit correspondant selon sa valeur, soit à 0° , soit à 180° .

Selon une variante, lesdits déphaseurs sont des déphaseurs commandables numériques d'un bit, ce bit correspondant selon sa valeur soit à 0° , soit à 90° .

Selon une autre caractéristique, lesdits déphaseurs sont des déphaseurs commandables numériques de deux bits, dont un premier bit correspondant selon sa valeur soit à 0 soit à 180° et un deuxième bit correspondant selon sa valeur soit à 0° , soit à 90° .

Dans ce cas, on synthétise l'une des quatre polarisations suivantes : linéaire H ou V, circulaire droite ou gauche.

Selon une réalisation avantageuse, un atténuateur variable permet d'ajuster le gain d'au moins une chaîne amplificatrice de puissance.

Selon une autre réalisation avantageuse, un atténuateur variable permet d'ajuster le gain d'au moins une chaîne amplificatrice de faible bruit.

Selon une réalisation performante, ledit circuit E/R comporte en outre au moins deux déphaseurs et au moins deux atténuateurs commandables de façon

quasi-continue, permettant la synthèse d'une polarisation quelconque, linéaire, circulaire, ou elliptique.

Selon une variante particulière, ladite commande quasi-continue des déphaseurs et des atténuateurs est de conception analogique.

Selon une variante complémentaire, ladite commande quasi-continue des déphaseurs et des atténuateurs est de conception numérique, avec un nombre de bits élevé, permettant la synthèse d'une polarisation quelconque, linéaire, circulaire, ou elliptique.

L'invention porte également sur une antenne comportant des circuits E/R selon l'une des réalisations ou des variantes précédentes.

Selon une variante de l'antenne de l'invention, les sources rayonnantes sont de type imprimé (ou patch en anglais).

Selon une autre variante de l'antenne, les sources rayonnantes sont constituées de fentes annulaires photogravées sur une face d'un substrat diélectrique présentant des faibles pertes hyperfréquence, ces fentes étant excitées par des lignes photogravées sur la face opposée.

Selon une autre variante de ce qui précède, les fentes annulaires sont excitées par des lignes photogravées sur un substrat suspendu.

Selon une caractéristique, les circuits E/R sont réalisés en technologie MMIC.

Selon une variante, des circulateurs miniatures sont ajoutés à des circuits MMIC pour augmenter la puissance maximale autorisée.

Selon une réalisation préférée, des duplexeurs miniatures comprenant un circulateur et un isolateur sont ajoutés aux circuits de l'invention, afin de mieux isoler les voies d'émission des voies de réception.

Selon une dernière réalisation, l'antenne selon l'invention est auto-adaptative en polarisation, pour pouvoir extraire un signal radar utile en présence de brouillage d'une quelconque polarisation fixe ; pour se faire, l'antenne détecte la polarisation du brouilleur, et adapte les phases et éventuellement les amplitudes des signaux émis pour travailler dans une polarisation orthogonale à celle du brouilleur.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description détaillée qui va suivre, avec ses figures annexes dont :

La figure 1, déjà décrite, représente schématiquement un exemple d'architecture d'une antenne active pour radar de l'art antérieur travaillant en polarisations linéaires orthogonales, avec ses MAER et ses sources rayonnantes ;

La figure 2, déjà décrite, représente schématiquement un exemple d'un circuit E/R de l'art antérieur, ayant des pertes plus faibles que le circuit de la figure 1 ;

La figure 3 représente schématiquement un exemple de circuit MAER selon l'invention ;

La figure 4 représente schématiquement un

deuxième exemple de circuit MAER selon l'invention, comprenant en plus les caractéristiques de la figure 2 ;

La figure 5 représente schématiquement une variante de l'invention, capable de synthétiser une polarisation quelconque.

La figure 6 représente schématiquement comme une variante de l'invention, un circuit hyperfréquence d'émission ou de réception, à synthèse de polarisation variable.

Toutes les figures sont données à titre d'exemples non-limitatifs ; l'homme de métier saura en tirer l'enseignement qu'il lui faut pour généraliser ces exemples à bien d'autres réalisations, sans pour autant sortir du cadre de l'invention.

Sur toutes les figures, les mêmes repères désignent les mêmes éléments, ces éléments étant des fonctions hyperfréquence, organisées dans un organigramme schématique du circuit. Dans le cas où une fonction peut être réalisée par l'un, parmi plusieurs composants en vue d'un résultat similaire, ceci est signalé dans la description qui suit. De même, les figures représentent des schémas généraux, donc d'autres variantes sur ces schémas peuvent être réalisées sans pour autant sortir du cadre de l'invention.

Sur la figure 3, nous voyons un premier exemple schématique d'un circuit MAER selon l'invention. Par rapport aux figures 1 et 2 déjà décrites, nous avons simplifié le schéma en faisant abstraction de l'environnement du circuit représenté ; néanmoins, ce circuit est destiné à être implanté de la même manière que les circuits de l'art antérieur, entre un répartiteur/combineur (22 sur la figure 1) et un réseau de sources rayonnantes S_{ij} . Comme dans les figures précédentes, l'atténuateur 28 et le déphaseur 27 variables sont commandés par des instructions données par le calculateur de commande (non-montré), et le commutateur E/R 6 est commandé par une horloge (non-montrée). Les éléments 35a, 35b correspondent soit aux commutateurs E/R (52 sur la figure 1), soit aux circulateurs (52a, 52b sur la figure 2), dont la fonction dans les deux cas est de passer soit la puissance d'émission entre les amplificateurs de puissance 29a, 29b et la source rayonnante S_j correspondante, soit le signal de réception entre la source rayonnante S_j et les amplificateurs faible bruit 30a, 30b.

Les éléments 5a sont des répartiteurs et les éléments 5b sont des combineurs dont la nature sera discutée ci-après.

Les éléments 1, 2, 3, 4 sont des déphaseurs, dont au moins un déphaseur commandable sur une voie d'émission (s_1 ou s_3), et au moins un déphaseur commandable sur une voie de réception (s_2 ou s_4). Selon l'invention, il se peut donc qu'il n'y ait que deux déphaseurs commandables, par exemple 3 et 4, et que les éléments 1, 2 puissent être retirés de ce schéma. Plusieurs variantes de l'invention peuvent être

construites autour de ce schéma général, notamment en jouant sur les différentes possibilités pour ces éléments 1, 2, 3, 4 ; un certain nombre de ces possibilités seront décrites par la suite.

Dans une première variante de l'invention, l'élément 5a est un répartiteur de puissance et l'élément 5b est un combineur de puissance, tous deux fonctionnant en phase, c'est-à-dire que la phase des signaux s_1 et s_3 est la même, et que les signaux s_2 et s_4 sont combinés en phase aussi. Dans cette première variante, la réalisation la plus simple selon l'invention, les éléments 1 et 2 n'existe pas ; et les éléments 3 et 4 sont des déphaseurs à un bit, qui introduisent un déphasage de soit 0° , soit 180° , selon la valeur du bit de commande, fournit par des moyens de commande non-montrés.

La source rayonnante S_k montrée sur la figure 3 est un "patch" gravé de forme carrée, dont l'orientation est significative de façon schématique. En effet, le carré est orienté avec ses diagonales respectivement à l'horizontale et à la verticale. Les lignes de propagation provenant des commutateurs ou circulateurs 35a, 35b vers le patch sont mutuellement perpendiculaires et orientées à 45° des diagonales du patch.

Dans un circuit idéal selon la figure 3, en faisant abstraction des pertes d'insertion et délais de propagation dans les déphaseurs 3 et 4, l'amplitude des signaux s_1 et s_3 est la même, et les signaux s_2 et s_4 ont les mêmes amplitudes aussi. Si le déphaseur 3 est commandé, selon son bit de commande, à une valeur de 0° , les deux accès sont excités en phase par les deux amplificateurs de puissance 29a, 29b, ce qui résulte en une onde ayant une polarisation linéaire horizontale. Si en revanche le déphaseur 3 est commandé, selon son bit de commande, à une valeur de 180° , les deux accès sont excités en opposition de phase par les deux amplificateurs de puissance 29a, 29b, ce qui résulte en une onde ayant une polarisation linéaire verticale.

De la même manière pour la réception, si le déphaseur 4 est commandé, selon son bit de commande, à une valeur de 0° , les deux accès qui sont excités en phase, et après amplification par les deux amplificateurs faible bruit 30a, 30b, sont combinés en phase par le combineur 5b, ce qui correspond à une onde ayant une polarisation linéaire horizontale à la réception. Si en revanche le déphaseur 4 est commandé, selon son bit de commande, à une valeur de 180° , le combineur 5b aura sur ses entrées les deux signaux s_2 et s_4 dont le signal s_4 aura subi un déphasage de 180° , ce qui veut dire que, seulement si les deux accès sont excités en opposition de phase, et après amplification par les deux amplificateurs faible bruit 30a, 30b, on obtient le résultat qui correspond à une onde ayant une polarisation linéaire verticale.

Dans la pratique, pour réussir exactement la

synthèse vectorielle des polarisations désirées telle que nous l'avons décrit dans les paragraphes précédents, il faut tenir compte des pertes d'insertion des déphaseurs 3, 4, ainsi que les gains et phases d'insertion des amplificateurs 29a, 29b et 30a, 30b. Par exemple, les amplificateurs réels seront appairés (29a,b et 30a,b) de façon à avoir le même gain et la même phase d'insertion, et la perte des déphaseurs 3,4 est compensée par un léger déséquilibre des diviseurs 5a / combineurs 5b : par exemple si les déphaseurs perdent 1 dB, les diviseurs / combineurs sont conçus pour présenter le même écart entre l'amplitude de leurs deux sorties / entrées (respectivement). Il est également à noter que les deux états 0 et 180° des déphaseurs doivent présenter la même perte d'insertion, ce qui est communément réalisé par l'homme de l'art, quelle que soit la technologie utilisée pour ces déphaseurs. Dans le cas où l'appariage de deux amplificateurs de même gain et phase d'insertion s'avèrerait difficile (technologie MMIC, par exemple), l'équilibrage des deux voies devra s'effectuer à l'aide des dispositifs de réglage de ces paramètres, qui seront ajoutés au circuit schématique de la figure 3.

Le circuit schématique de la figure 3 peut aussi fournir des polarisations circulaires orthogonales, avec des coupleurs hybrides à 90° 5a, 5b à la place des diviseurs/combineurs en phase considérés précédemment. Avec un coupleur hybride 5a sur la voie d'émission, par exemple, les deux chaînes d'amplification de puissance porteront le même signal, à ceci près que le signal s_3 sera décalé de $+90^\circ$ en phase, par rapport au signal s_1 (quand le déphaseur 3 à une valeur de 0°). L'excitation du patch par deux accès orthogonaux, avec un signal s_3 sur le premier accès, décalé de $+90^\circ$ en phase par rapport au signal s_1 sur le deuxième accès orthogonal, donne pour résultat une onde ayant une polarisation circulaire droite, par exemple. Par commutation du bit de commande du déphaseur 3, on obtient un déphasage de 180° sur le signal s_3 , ce qui vaut un décalage de -90° par rapport au signal s_1 . Le résultat sera une onde rayonnée avec une polarisation circulaire gauche.

La voie de réception peut synthétiser des ondes avec polarisation circulaire droite et gauche de la même manière, la conception étant parfaitement symétrique entre les voies d'émission et de réception.

Nous avons vu dans ce premier exemple, les caractéristiques du circuit selon l'invention qui lui confèrent ses avantages par rapport à l'art antérieur : les deux voies d'amplification en parallèle fonctionnent simultanément, en émission comme en réception. Ceci permet d'obtenir deux fois la puissance de la configuration de l'art antérieur. En outre, les pertes des diviseurs et déphaseurs n'interviennent pas, ni dans le bilan de liaison radar, ni dans la figure de mérite de l'antenne, car ils sont situés en amont des amplificateurs de puissance en émission, et en aval des

amplificateurs faible bruit en réception.

Toujours par rapport à cette figure 3, nous allons discuter d'autres variantes possibles de réalisations selon l'invention. Par exemple, il est évident que les éléments 35a, 35b peuvent être des commutateurs E/R commandés par l'horloge (non-montrée), ou bien ils peuvent être des circulateurs, qui permettent au signal de passer des amplificateurs de puissance 29a, 29b vers la source rayonnante S_{ij} , ou inversement, de la source S_{ij} vers les amplificateurs faible bruit 30a, 30b, mais en aucun cas le signal ne sera permis de passer des amplificateurs de puissance 29a, 29b vers les amplificateurs faible bruit 30a, 30b.

Toujours selon une autre variante de la figure 3, le circuit peut être doté de la capacité de synthétiser indifféremment des polarisations linéaires orthogonales ou des polarisations circulaires orthogonales. Pour se faire, il suffit de mettre des déphaseurs à deux bits de commande dans les blocs 3, 4 sur le diagramme, avec des diviseurs/combineurs en phase pour les éléments 5a, 5b. Le premier bit de commande, selon sa valeur, donnera une phase de 0° ou 180° comme avant, et à cette phase sera ajouté la phase commandée par le deuxième bit de commande, de 0° ou 90° . Si le deuxième bit commande un déphasage de 0° , nous nous retrouvons dans le cas précédent des polarisations linéaires orthogonales ; si en revanche le deuxième bit de commande désigne un déphasage de 90° , le circuit est équivalent à celui discuté avant où les éléments 5a, 5b étaient des coupleurs hybrides à 90° , c'est-à-dire que nous nous retrouvons dans une configuration qui nous permet de synthétiser des polarisations circulaires droite et gauche.

On peut obtenir les mêmes performances avec un circuit alternatif, dans lequel les éléments 5a, 5b sont des coupleurs hybrides à 90° , et nous mettons des déphaseurs 0 ou 90° à un bit de commande sur les cases 1, 2 de la figure 3, et des déphaseurs 0 ou 180° à un bit de commande sur les cases 3, 4 de la même figure. Le résultat est identique au résultat du paragraphe précédent. Cette configuration permet d'obtenir un avantage supplémentaire de réalisation, si les pertes des déphaseurs 1, 2, 3, 4 sont les mêmes, car les coupleurs hybrides 5a, 5b peuvent être dans ce cas des coupleurs équilibrés, des composants plus courants que des coupleurs déséquilibrés.

Cette dernière observation nous conduit à donner encore deux variantes de l'invention, toujours selon la figure 3. Une variante permettant la synthèse de polarisations linéaires orthogonales, comprend deux coupleurs hybrides 90° 5a, 5b, et quatre déphaseurs 0 ou 90° à un bit de commande 1, 2, 3, 4. Comme dans la première variante décrite, une polarisation horizontale d'émission est obtenue si le déphaseur 1 présente un déphasage de 0° et le déphaseur 3 présente un déphasage de 90° (qui s'ajoute au déphasage de 90° du coupleur hybride) ; avec la

même chose à la réception, avec 0° sur le déphaseur 2, et 90° sur le déphaseur 4. La polarisation verticale est obtenue en inversant les déphasages des quatre déphaseurs. Comme dans le cas précédent, la réalisation peut être simplifiée par le fait qu'avec des déphaseurs identiques sur les quatre voies, il suffit de sélectionner des composants ayant les mêmes pertes et phases d'insertion pour s'approcher du circuit idéal de synthèse de polarisations.

Une dernière variante de la figure 3 sera pour synthétiser des polarisations circulaires orthogonales, utilisant la même astuce que dans le cas précédent : quatre déphaseurs 1, 2, 3, 4 à 0 ou 90° et à un bit de commande, mais avec des diviseurs/combineurs en phase 5a, 5b. Dans ce cas, une polarisation circulaire droite est obtenue avec un déphasage de 90° sur les déphaseurs 1, 3 et 0° sur les déphaseurs 2, 4 ; et inversement, une polarisation circulaire gauche est obtenue avec un déphasage de 90° sur les déphaseurs 2, 4 et 0° sur les déphaseurs 1 et 3.

Sur la figure 4, nous voyons une autre variante de circuit E/R selon l'invention, ou nous avons ajouté au circuit de l'invention selon la figure 3, les caractéristiques de l'art antérieur selon la figure 2. Plus précisément, pour diminuer les pertes associées avec des commutateurs à la position 35a, 35b de la figure 3, nous avons inséré des circulateurs 52a, 52b à leur place. Ceci correspond à l'une des variantes déjà discutée dans le cadre de la figure 3. Mais en plus de cela, nous avons inséré, dans la voie de réception, une protection contre des réflexions éventuelles provenant des désadaptations de l'antenne. Cette protection est assurée par des commutateurs 32a, 32b qui sont commandés par l'horloge pour relier les entrées des amplificateurs faible bruit à la masse lors de l'émission. Un avantage supplémentaire est obtenu par l'insertion d'un deuxième circulateur sur chaque voie de réception 33a, 33b pour évacuer des réflexions éventuelles provenant de ces commutateurs 32a, 32b quand ils sont fermés, car des réflexions éventuelles à cet endroit viendraient réduire la puissance d'émission surtout si les signaux direct et réfléchi se combinent en opposition de phase.

Sur la figure 5, on voit schématiquement la réalisation la plus générale d'un circuit de synthèse de polarisation selon l'invention. En effet, ce circuit est capable de synthétiser n'importe quelle polarisation : linéaire, circulaire ou elliptique avec des axes arbitraires, et peut passer facilement parmi ces possibilités moyennant des commandes fournies à ses déphaseurs 27a, 27b et ses atténuateurs 28a, 28b commandables de façon quasi-continue. De cette manière, l'orientation instantanée du vecteur de polarisation est donnée par les phases relatives issues des déphaseurs 27a, 27b qui peuvent prendre des valeurs arbitraires et variables dans le temps, et l'amplitude relative des signaux transitant par les atténuateurs variables peut prendre aussi des valeurs ar-

bitraires et variables dans le temps, pour déterminer la longueur de chacune des deux projections du vecteur du champ électrique, sur les deux axes orthogonaux, correspondant aux polarisations générées sur chacun des accès aux éléments rayonnants. La polarisation sera linéaire quand ce déphasage est de 180° ; elle sera circulaire s'il est $\pm 90^\circ$, et que les atténuations des deux voies sont égales ; nous avons une polarisation elliptique dans le cas où le déphasage prend une valeur différente, ou linéaire, ou bien si les atténuations des deux voies sont différentes.

Dans un exemple de réalisation pratique de cette variante, tel que montré sur la figure 5, nous avons choisi une conception utilisant deux atténuateurs variables 28a, 28b et deux déphaseurs variables 27a, 27b. On aurait pu, bien sûr, utiliser quatre de chaque avec la configuration de la figure 3 ou de la figure 4, en les plaçant, un de chaque, dans les cases 1, 2, 3, 4 de ces figures 3 et 4. Dans la configuration de la figure 5 alors, nous avons ajouté des circulateurs 7a, 7b pour séparer les signaux d'émission des signaux de réception selon leur sens de propagation dans le circuit.

Le signal d'émission arrive à un diviseur de puissance, et est envoyé sur les deux circulateurs 7a, 7b après division en phase. Ensuite nous avons deux circuits E/R en parallèle, dont la description est conforme aux descriptions des figures précédentes, avec les mêmes repères représentant les mêmes éléments sur toutes les figures. Ces deux circuits livrent des signaux sur deux accès orthogonaux à la source rayonnante S_{ij} , avec une phase relative et une amplitude relative qui sont déterminées par les atténuateurs et déphaseurs commandables 28a, 28b, et 27a, 27b respectivement.

A l'inverse, le signal de réception provenant de la source S_{ij} est sondé par les deux accès orthogonaux, et les deux signaux reçus sont amplifiés séparément par les amplificateurs faible bruit 30a, 30b. Leur amplitude relative et leur phase relative sont ajustées par les atténuateurs et déphaseurs commandables 28a, 28b et 27a, 27b respectivement, selon la polarisation de l'onde reçue que l'on souhaite regarder. Ces signaux sont ensuite transmis, via les circulateurs 7a, 7b vers des voies séparées de réception pour traitement de signal dans un calculateur approprié (non-montré).

Cette possibilité de synthèse d'une polarisation arbitraire permet d'obtenir une antenne auto-adaptative, c'est-à-dire qui peut se reconfigurer pour tenir compte d'un environnement pollué par des émissions parasites intentionnelles ou non. Le principe consiste à mesurer la polarisation dominante de l'environnement radioélectrique à la bande de fréquence de fonctionnement de l'équipement, en mettant les atténuateurs et les déphaseurs dans un état de référence. La polarisation de l'émission est ensuite choisie orthogonale à cette polarisation dominante. Ce

mode de fonctionnement peut permettre un fonctionnement considérablement amélioré en présence de brouillage intentionnel à polarisation stationnaire, ou dans le cas où des réflexions spéculaires indésirées masquent une cible radar de faible surface équivalente, mais ne présentant pas une spécularité.

Sur la figure 6, nous avons montré de façon schématique une configuration la plus simple d'un circuit hyperfréquence selon l'invention. Suivant les caractéristiques de composants employés, ce circuit sera apte soit à l'émission, soit à la réception des signaux hyperfréquence à synthèse de polarisation. De tels circuits trouveront des applications pour les antennes de radars multistatiques, par exemple, ou encore, dans les antennes de télécommunications.

Selon un premier exemple d'implémentation du circuit montré sur la figure 6, ce circuit serait destiné à l'amplification des signaux pour l'émission. Un signal bas niveau arrivant à l'entrée de l'atténuateur variable 28, et atténué par ce dernier, propagé ensuite à travers un déphaseur commandable 27, afin d'ajuster ainsi la phase et l'amplitude de signal de ce circuit par rapport à sa position dans le réseau d'éléments rayonnants de l'antenne réseau (non-montré). Comme dans les figures précédentes (et notamment la figure 3), l'élément 5 est un diviseur de puissance, soit un diviseur en phase, soit un coupleur hybride ayant un déphasage de 90° .

Les blocs 1, 3 représentent des déphaseurs commandables à 0, 1, ou 2 bits, ayant des valeurs de déphasage de $0-0^\circ$, $0-90^\circ$, ou $0-180^\circ$, comme dans la description de la figure 3. La construction du circuit est strictement analogue à la description donnée pour cette figure 3, en ce qui concerne la voie émission. Les composantes 20a, 20b sont alors des amplificateurs de puissance, qui alimentent par des voies inclinées à 45° de l'horizontal, les patches S_{ij}^k .

Dans un deuxième exemple d'implémentation du circuit montré sur la figure 6, ce circuit serait destiné à l'amplification des signaux pour la réception. Un signal de très bas niveau arrivant à l'élément rayonnant S_{ij}^k est acheminé par les voies d'accès inclinées à 45° par rapport à l'horizontale, vers les amplificateurs faible bruit 20a, 20b. Ensuite, les signaux amplifiés seront déphasés par 0, 90° , 180° , ou 270° ($=-90^\circ$) par les déphaseurs commandables 1, 3 à 0, 1, ou 2 bits de commande. Après déphasage, les signaux seront combinés soit en phase, soit avec un déphasage de 90° , grâce aux moyens 5 qui sont soit un combineur en phase, soit un coupleur hybride présentant un déphasage de 90° entre ses deux entrées. Les signaux seront ensuite acheminés à travers un déphasage et une atténuation commandable selon la position de l'élément rayonnant dans le réseau de l'antenne réseau.

Bien entendu, les déphaseurs commandables peuvent l'être de façon quasi-continue, comme dans

le cas de la figure 5 précédente, pour permettre une plus grande souplesse dans la synthèse de polarisations, si nécessaire.

Dans les exemples montrés sur les figures, nous avons utilisé pour simplifier l'exposé, uniquement le patch carré comme source rayonnante, ce patch étant orienté avec ses diagonales horizontale et verticale. Mais il est bien entendu que l'invention se situe au niveau du circuit E/R, et que les sources rayonnantes peuvent être de différents types ou de différentes orientations. Par exemple, les patches peuvent être orientés avec les côtés horizontaux et verticaux, et alimentés par des accès orthogonaux selon leurs diagonales. Comme déjà mentionné, les lignes de propagation menant aux accès peuvent aussi être de différents types, par exemple coaxiale, microruban, triplaque,...

Les sources rayonnantes peuvent être également des fentes annulaires photogravées dans un plan de masse supérieur, excitées par des lignes dirigées à 45° par rapport aux directions H et V, situées dans un plan inférieur, soit sur l'autre face du substrat comportant le plan de masse et les fentes ; soit sur un deuxième substrat suspendu, les deux substrats maintenus espacés l'un de l'autre par des entretoises ou par un matériau présentant des faibles pertes hyperfréquence, tel que la mousse ou le nid d'abeille. De telles constructions de réseaux de sources rayonnantes et de leurs alimentations sont bien connues de l'homme de l'art, et sont décrit par exemple dans les *Proceedings de Military Microwaves 1992*, "Antennas for space scatterometers and SARS", par R. Petersson, dont la description de l'art antérieur fait partie intégrante de la présente demande.

D'autres éléments plus classiques peuvent également être utilisés, tels que des cornets à ouverture carrée, circulaire ou hexagonale, qui seront excités selon deux directions inclinées de 45° par rapport aux polarisations H et V. Un autre exemple d'élément rayonnant, pour obtenir une bande passante plus large, est la fente évasée (en anglais : "notch antenna"), décrite en détail dans les *Proceedings of Antenna and Propagation Symposium*, 1974, IEEE, "A broadband stripline array element", par L.R. Lewis et al., dont la description de l'art antérieur fait partie intégrante de la présente demande.

Les circuits présentés à titre d'exemple dans les figures peuvent eux aussi être réalisés selon différentes technologies sans sortir du cadre de l'invention : si MMIC est une technologie préférée pour ses faibles masse et encombrement, ainsi que ces coûts de production qui restent raisonnables pour une production en séries importantes, une puissance d'émission plus élevée peut être tolérée en utilisant des circulateurs à la place des commutateurs intégrés en aval des amplificateurs de puissance. L'encombrement et la masse de ces circulateurs sont supérieurs, mais les pertes inférieures aux pertes des commu-

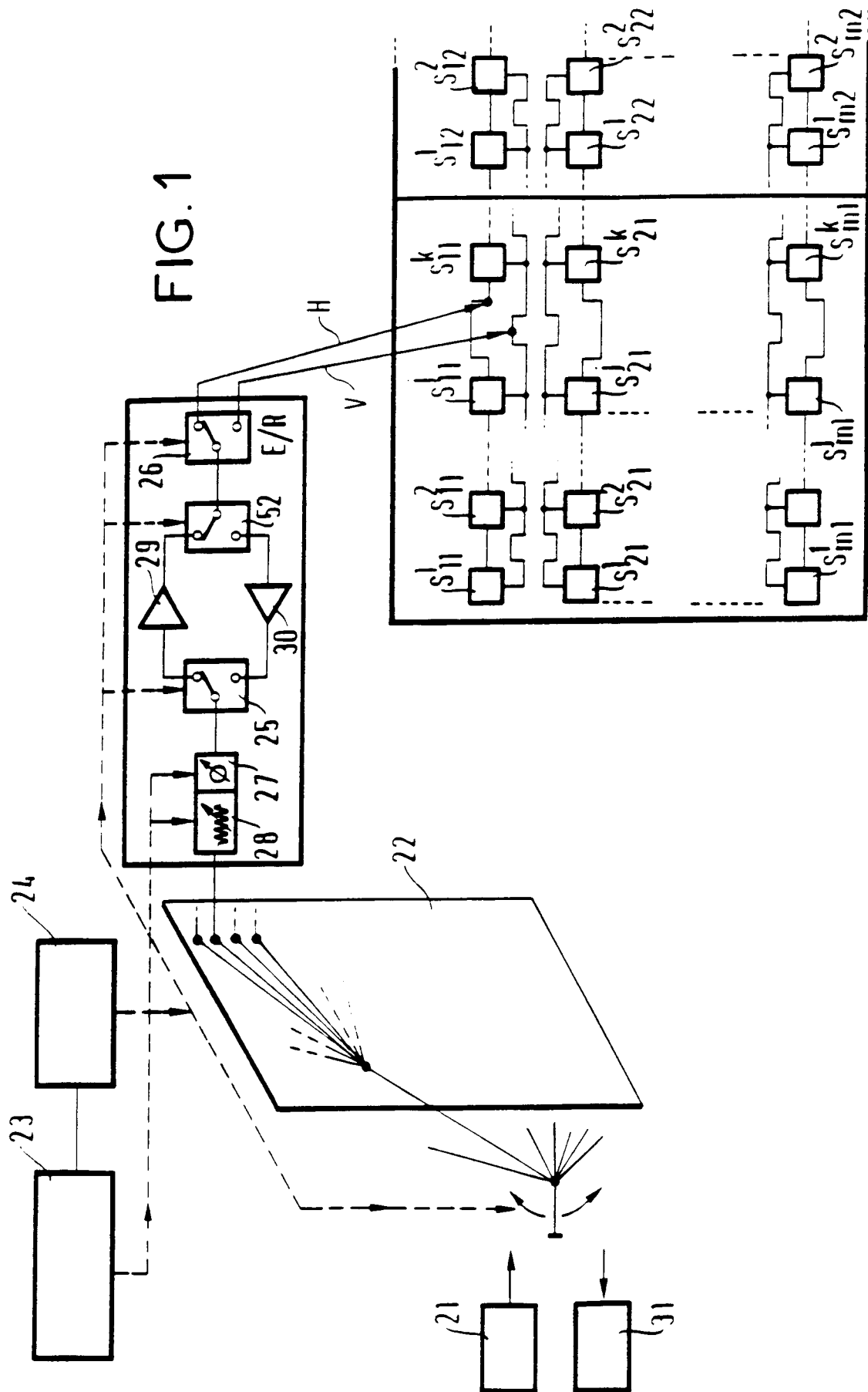
teurs MMIC.

En revanche, certaines performances peuvent être optimisées par une réalisation en technologie hybride : des amplificateurs discrets peuvent fournir des puissances plus élevées pour l'émission, et des facteurs de bruit meilleurs pour la réception, que les amplificateurs intégrés de la technologie MMIC. Selon la technologie de réalisation choisie, différentes options discutées dans la description de la figure 3 seront préférées à d'autres. Les performances ultimes peuvent être optimisées selon la mission de l'antenne, en fonction des nombreux critères évoqués. Dans tous les cas, l'utilisation du circuit E/R selon l'invention apporte une amélioration significative des performances obtenues, notamment dans le rapport de signal utile sur bruit.

Revendications

1. Circuit hyperfréquence d'émission et de réception (E/R) alternées pour antenne réseau à synthèse de polarisation variable, ce circuit E/R apte à fournir des signaux d'excitation pour au moins deux polarisations orthogonales à des sources rayonnantes via deux voies d'accès respectives, ces voies d'accès alimentées respectivement par deux chaînes amplificatrices de puissance en émission ; ce circuit E/R apte à recevoir au moins deux signaux ayant des polarisations orthogonales détectées par ces mêmes sources et alimentant deux chaînes amplificatrices faible bruit en réception ; ledit circuit E/R comportant en outre au moins un déphaseur commandable sur une voie d'émission, et au moins un déphaseur commandable sur une voie de réception, **caractérisé en ce que** les deux chaînes amplificatrices de puissance fonctionnent simultanément lors de l'émission, et en ce que les deux chaînes amplificatrices faible bruit fonctionnent simultanément lors de la réception.
2. Circuit selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** lesdites deux voies d'accès sont reliées à des sources rayonnantes de façon à générer des polarisations inclinées de 45° par rapport à l'horizontale, ce qui permet en jouant sur les déphaseurs de synthétiser les polarisations classiques horizontale H ou verticale V.
3. Circuit E/R selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** lesdites deux chaînes amplificatrices de puissance sont alimentées à partir d'un diviseur de puissance en phase, permettant la synthèse aisée des polarisations linéaires orthogonales.
4. Circuit E/R selon l'une quelconque des revendi-

- cations 1 à 3, **caractérisé en ce que** lesdites deux chaînes amplificatrices de puissance sont alimentées à partir d'un coupleur hybride à deux sorties déphasées de 90°, permettant la synthèse aisée des polarisations circulaires.
5. Circuit E/R selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** lesdits déphaseurs sont des déphaseurs commandables numériques d'un bit, ce bit correspondant selon sa valeur, soit à 0°, soit à 180° .
6. Circuit E/R selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 **caractérisé en ce que** lesdits déphaseurs sont des déphaseurs commandables numériques de deux bits, dont un premier bit correspondant selon sa valeur soit à 0°, soit à 180°, et un deuxième bit correspondant selon sa valeur soit à 0°, soit à 90°, permettant de synthétiser l'une des quatre polarisations classiques suivantes : linéaire H ou V, circulaires droite ou gauche.
7. Circuit E/R selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** lesdits déphaseurs sont des déphaseurs commandables numériques d'un bit, ce bit correspondant selon sa valeur soit à 0°, soit à 90° .
8. Circuit E/R selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce qu'un** atténuateur variable permet d'ajuster le gain d'au moins l'une desdites chaînes amplificatrices de puissance.
9. Circuit E/R selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce qu'un** atténuateur variable permet d'ajuster le gain d'au moins l'une desdites chaînes amplificatrices de faible bruit.
10. Circuit E/R selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** ledit circuit E/R comporte en outre au moins deux déphaseurs et au moins deux atténuateurs commandables de façon quasi-continue, permettant la synthèse d'une polarisation quelconque, linéaire, circulaire, ou elliptique.
11. Circuit E/R selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** ladite commande quasi-continue desdits déphaseurs et desdits atténuateurs est de conception analogique.
12. Circuit E/R selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** ladite commande quasi-continue desdits déphaseurs et desdits atténuateurs est de conception numérique, avec un nombre de bits élevé, permettant la synthèse d'une polarisation quelconque, linéaire, circulaire, ou elliptique.
13. Antenne réseau à synthèse de polarisation variable sur les éléments rayonnants, **caractérisé en ce que** ladite antenne comporte des circuits émission/réception conformes à l'une quelconque des revendications 1 à 12.
14. Antenne réseau selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** ladite antenne comporte des sources rayonnantes qui sont de type imprimé (ou "patch" en anglais).
15. Antenne réseau selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** ladite antenne comporte des sources rayonnantes qui sont des fentes annulaires photogravées sur une face d'un substrat diélectrique présentant des faibles pertes hyperfréquence, ces fentes étant excitées par des lignes photogravées sur la face opposée.
16. Antenne réseau selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** lesdites fentes sont excitées par des lignes photogravées sur un substrat suspendu.
17. Circuit E/R selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** ledit circuit est réalisé en technologie MMIC.
18. Antenne réseau selon l'une quelconque des revendications 13 à 16, **caractérisé en ce que** ladite antenne est une antenne autoadaptative en polarisation.



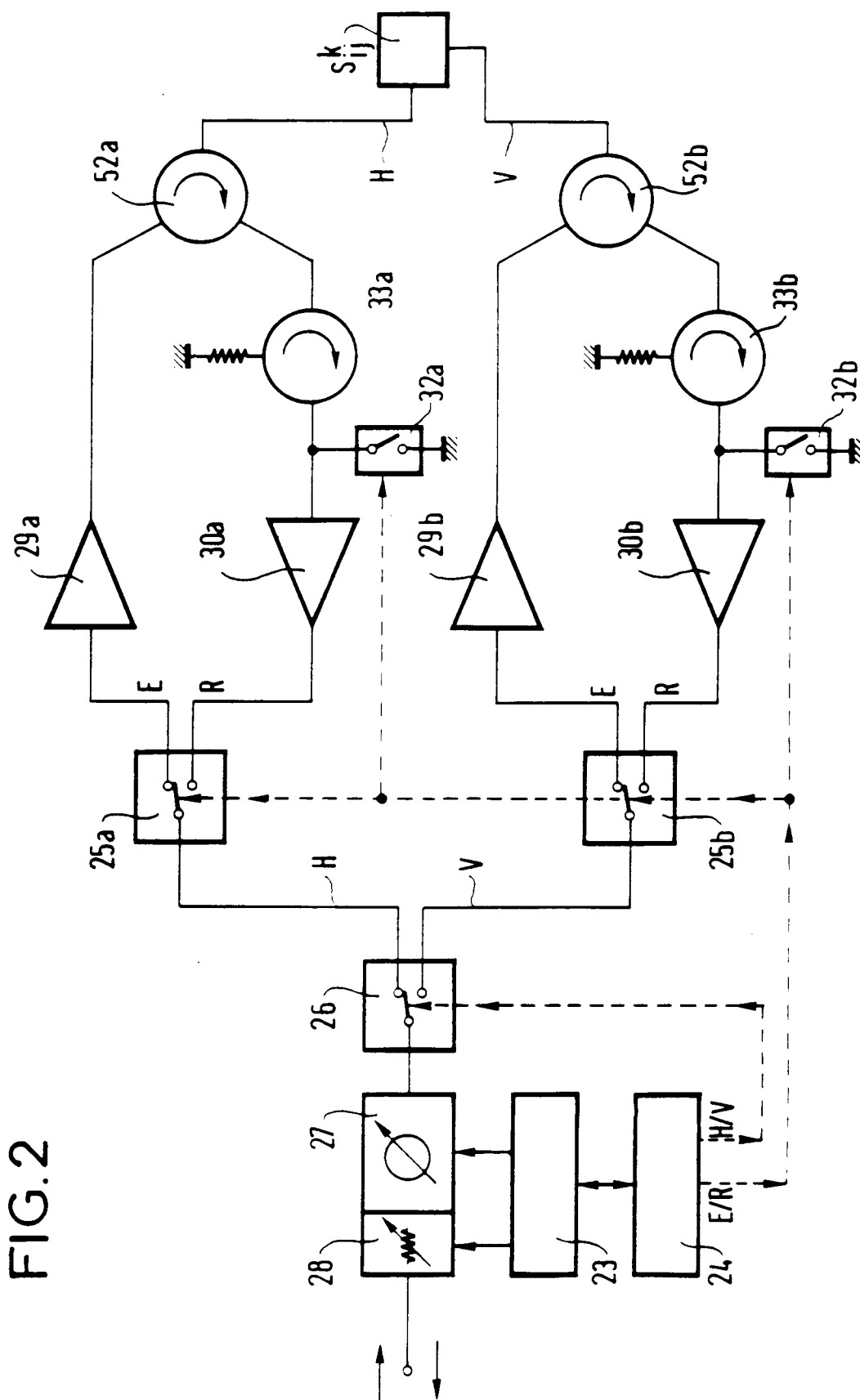
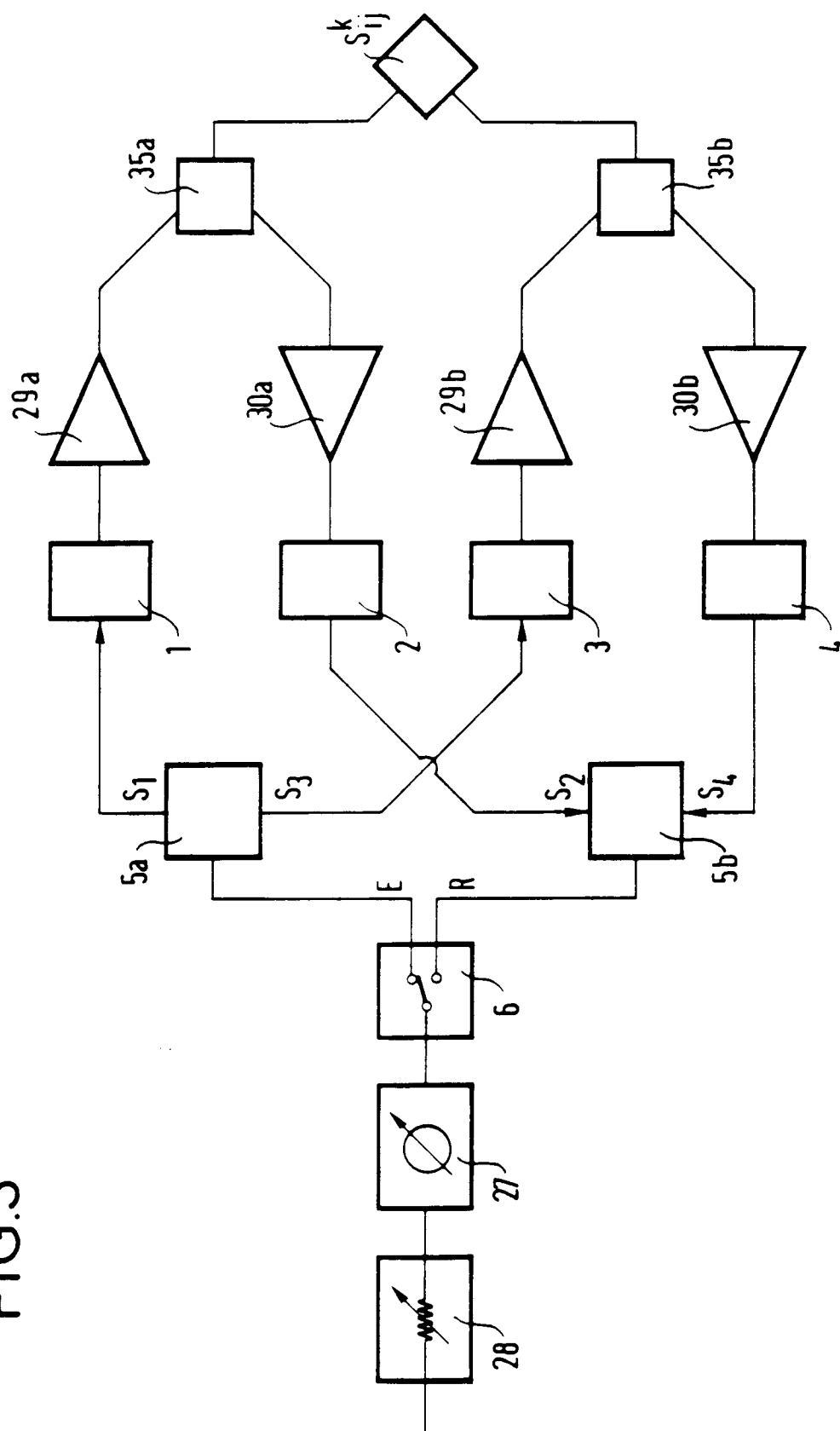


FIG.3



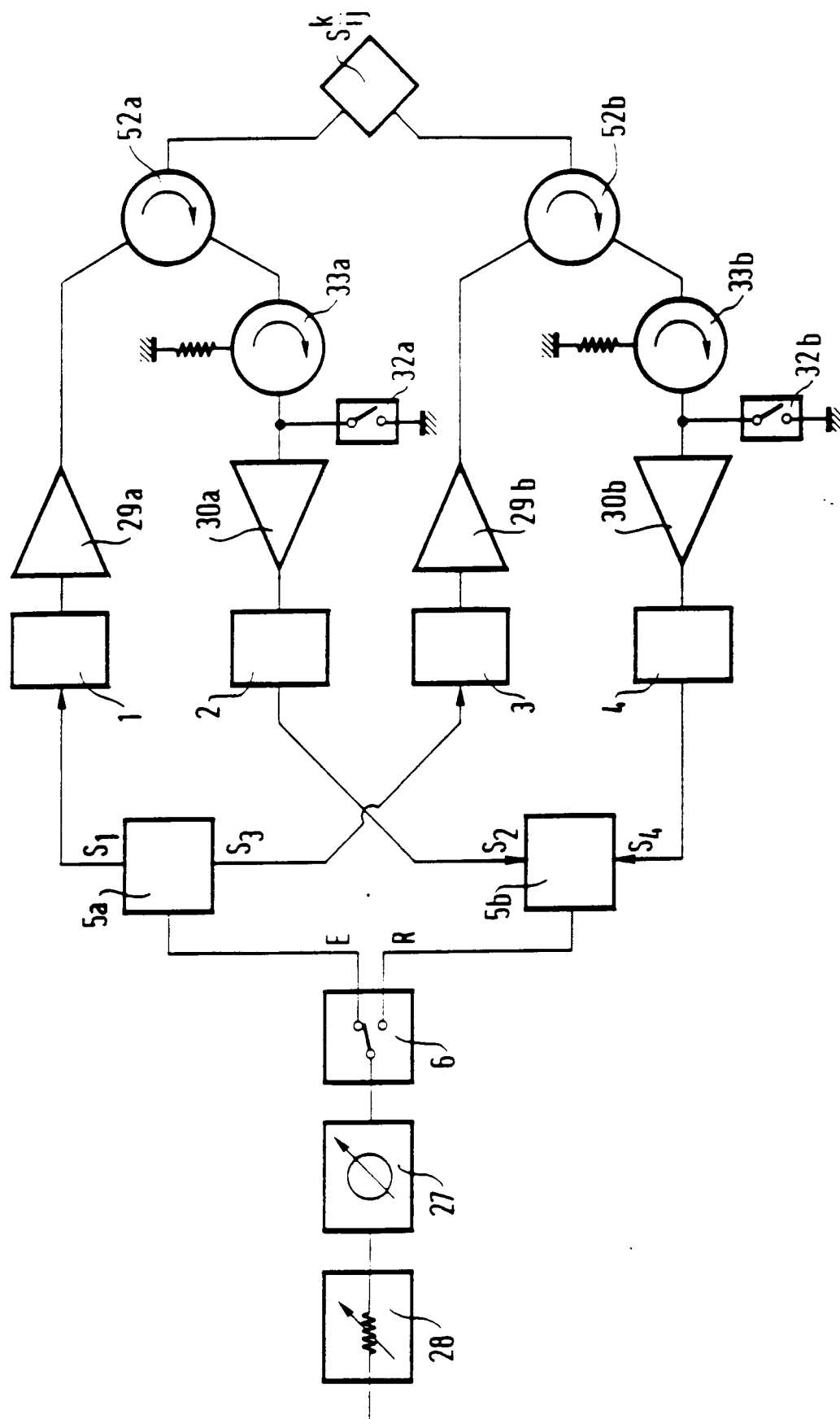


FIG. 4

FIG.5

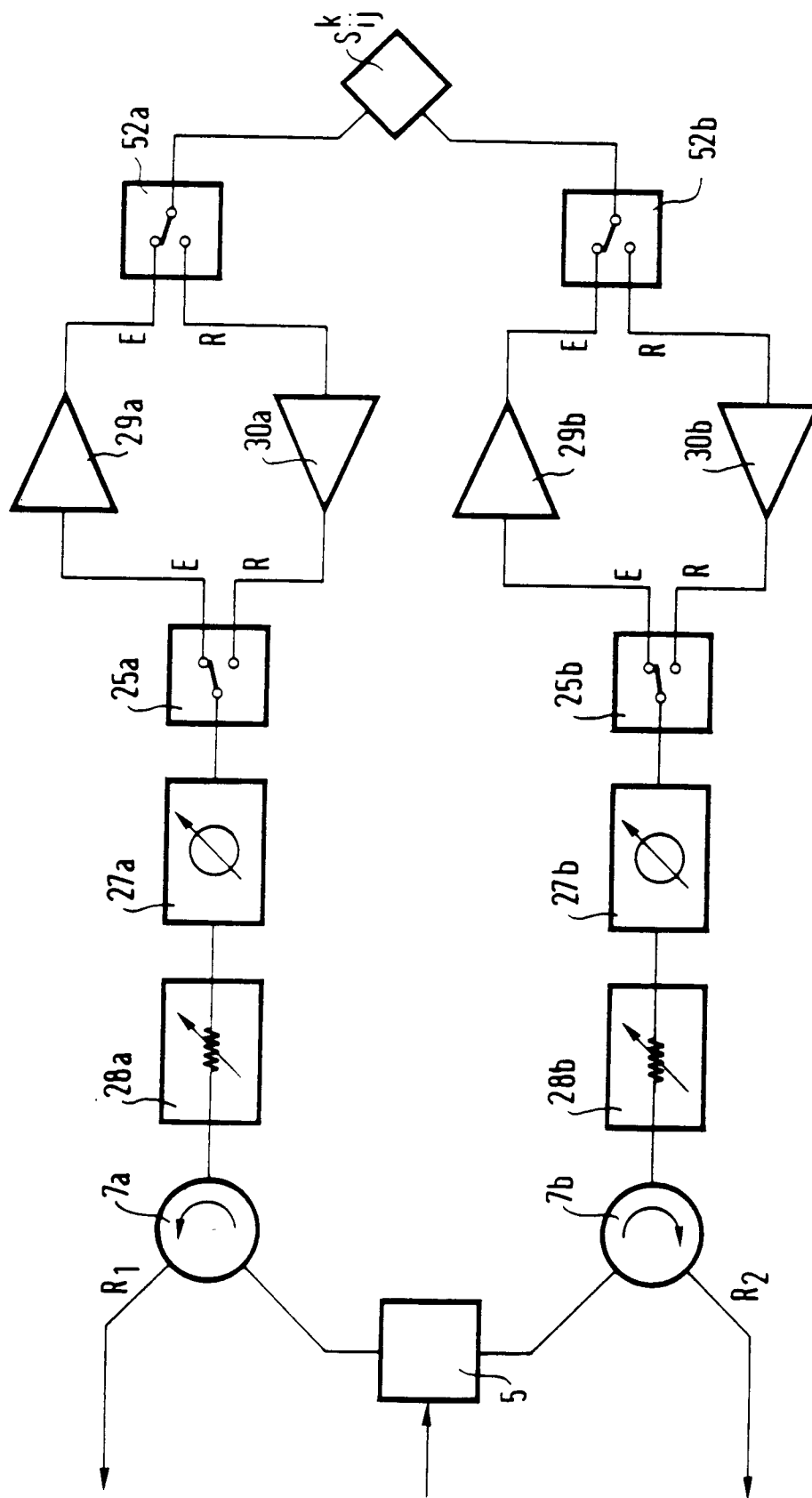
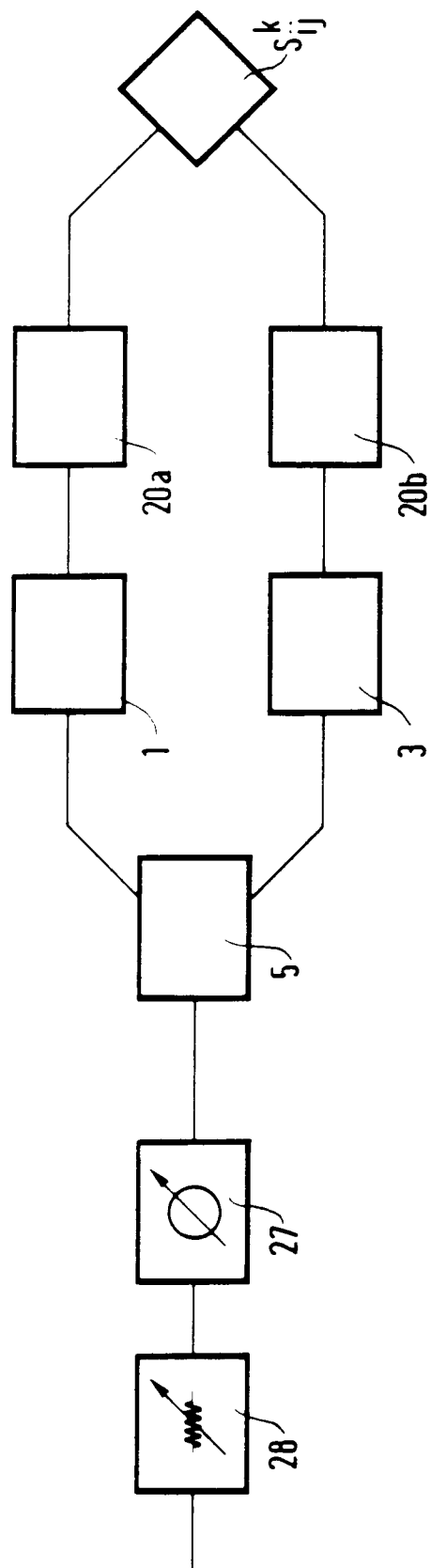


FIG.6





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 93 40 2925

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.5)
A	EP-A-0 470 786 (GOULD) * abrégé; figures 8A, 9A, 14 * * colonne 15, ligne 23 - colonne 16, ligne 6 *	1,5-12	H01Q21/24
A	US-A-4 737 793 (MUNSON ET AL.) * abrégé; figure 4 *	14	
A	US-A-4 063 248 (DEBSKI ET AL.) * colonne 5, ligne 51 - ligne 68; figure 4 *	1	
A	US-A-3 022 506 (GOEBELS, JR., ET AL.) * colonne 13, ligne 61 - ligne 70; figure 13 *	1	
A	DE-U-91 13 444 (SIEMENS AG.) * le document en entier *		
A	US-A-3 357 013 (HART) * le document en entier *		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.5)
			H01Q H04B
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
BERLIN		10 Mars 1994	Danielidis, S
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 03.92 (P04C02)