



⑫ **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑲ Numéro de dépôt : **91403242.0**

⑤① Int. Cl.⁵ : **H01P 5/22**

⑳ Date de dépôt : **29.11.91**

③① Priorité : **06.12.90 FR 9015315**

④③ Date de publication de la demande :
10.06.92 Bulletin 92/24

⑧④ Etats contractants désignés :
DE ES GB IT

⑦① Demandeur : **AGENCE SPATIALE
EUROPEENNE**
Organisation Intergouvernementale, 8-10, rue
Mario Nikis
F-75738 Paris Cedex 15 (FR)

⑦② Inventeur : **Roederer, Antoine**
Breloftpark 32
NL Noordwijk (NL)
Inventeur : **Martin Pascual, Carlos Maximo**
Parque de Vergara, 11-B2
E-28250 Torrelodones (ES)

⑦④ Mandataire : **Rodhain, Claude et al**
Cabinet Claude Rodhain 30, rue la Boétie
F-75008 Paris (FR)

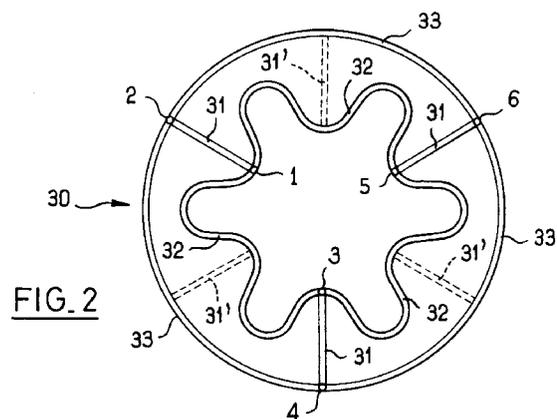
⑤④ **Coupleur hybride hyperfréquence à 3xN entrées et 3xM sorties, notamment coupleur 3x3.**

⑤⑦ Ce coupleur hyperfréquence hybride (30) à six accès (1-6), comprenant trois entrées (1, 3, 5) et trois sorties (2, 4, 6) isolées et adaptées, où un signal appliqué à l'une quelconque de ces entrées produit aux trois sorties des signaux distribués orthogonalement en phase et uniformément en amplitude, est caractérisé par une configuration plane de lignes de transmission comprenant :

— une couronne interne formée de trois segments (32) semblables, les points de jonction (1, 3, 5) de ces segments constituant trois premiers accès, entrées ou sorties, du coupleur,

— une couronne externe formée de trois segments (33) semblables, les points de jonction (2, 4, 6) de ces segments constituant trois seconds accès, respectivement sorties ou entrées, du coupleur, et

— trois branches radiales (31), reliant entre eux les points de jonction (1, 3, 5) des segments de la couronne interne aux points de jonction homologues (2, 4, 6) de la couronne externe.



La présente invention concerne les coupleurs hybrides pour hyperfréquences.

Le plus souvent, ces coupleurs sont des composants à quatre accès ou ports, à savoir deux entrées et deux sorties, dans lesquels un signal appliqué sur l'une des entrées voit sa puissance divisée par deux et restituée aux deux sorties, l'entrée non alimentée étant isolée. Sur les deux sorties, les vecteurs représentatifs des tensions complexes sont orthogonaux, c'est-à-dire que les tensions complexes, qui sont de même amplitude, se présentent en quadrature ou en opposition quant à leur relation de phase.

Dans de nombreuses applications, comme par exemple les réseaux de formation de faisceaux multiples d'antennes ou les amplificateurs à accès multiples, il est souhaitable de disposer de coupleurs hybrides, qui, tout en conservant les propriétés ci-dessus d'isolation entre les entrées et d'orthogonalité des vecteurs tensions complexes en sortie, possèdent un nombre d'entrées et de sorties supérieur à deux.

Les matrices de Butler et les coupleurs dits généralisés sont des exemples de tels coupleurs à accès multiples.

Ces coupleurs à accès multiples sont généralement constitués de coupleurs hybrides élémentaires à quatre accès combinés entre eux par des lignes de transmission. Par principe, ils ont un nombre d'entrées et un nombre de sorties qui sont toujours des puissances de deux, et comportent en outre des lignes de transmission qui se croisent, ce qui en complique la fabrication.

Pour étendre les possibilités de combinaison, il serait souhaitable de disposer de coupleurs compacts à trois entrées et trois sorties, à entrées adaptées et isolées, chacune de ces entrées pouvant fournir aux trois sorties une distribution uniforme de puissance orthogonale à celle des deux autres.

De tels composants permettraient d'étendre la réalisation des coupleurs généralisés en simplifiant grandement la réalisation de matrices dont le nombre d'entrées ou de sorties serait un multiple de trois, par exemple des matrices carrées 3x3, 6x6, 9x9, etc. ou rectangulaires 3x6, 6x3, 3x9, etc.

L'objet de la présente invention est de proposer un tel coupleur hyperfréquence à trois entrées isolées et adaptées produisant chacune aux trois sorties une distribution uniforme en amplitude et orthogonale à celles correspondant aux autres entrées, ainsi que des coupleurs généralisés utilisant de tels coupleurs 3x3 élémentaires.

Le seul coupleur 3x3 présentant ces propriétés qui ait été proposé dans la littérature est un composant décrit dans un article de J. P. Shelton et K. S. Kelleher intitulé *Multiple Beams from Linear Arrays*, paru dans les *IRE Transactions on Antennas and Propagation* de mars 1961, pages 154 à 161, notamment l'annexe I, pages 158 à 160, intitulée *Six-Port Junction for Multiple-Feed Arrays*.

tion for Multiple-Feed Arrays.

Ce coupleur, qui est illustré schématiquement figure 1, comporte trois entrées, 1, 3 et 5 et trois sorties 2, 4 et 6 reliées essentiellement par les éléments référencés 20, à savoir trois lignes de transmission 21 disposées symétriquement et reliées transversalement par deux séries de traverses 22, 23 ; cette configuration réalise, dans la zone comprise entre les éléments 21, 22 et 23 des régions de couplage carrées réalisant la répartition de puissance entre les trois lignes 21. Pour que les phases des signaux sur les trois sorties 2, 4 et 6 soient uniformément déphasées entre elles de 120°, on introduit un circuit déphaseur 24 dans l'une des lignes. Ce circuit 24, qui rajoute un déphasage de 120° permet ainsi d'obtenir la relation de phase recherchée entre les sorties.

Ce type de coupleur, qui en pratique n'a guère fait l'objet de réalisations effectives, présente un certain nombre d'inconvénients, notamment un encombrement excessif et des difficultés de fabrication en raison du dimensionnement délicat des différents éléments (sur lequel l'article précité ne donne aucune indication), avec un coût corrélativement élevé.

En outre, un tel coupleur, du fait de sa configuration tridimensionnelle, impose le recours à une technologie en ligne coaxiale ou en guide d'onde, ce qui limite ses possibilités d'utilisation, ou impose un interfacage avec des lignes réalisées dans une autre technologie, accroissant ainsi la difficulté de réalisation et de mise au point.

La présente invention se propose de remédier à ces inconvénients, en proposant un coupleur 3x3 du type précité mais réalisé suivant une configuration essentiellement plane, se prêtant donc à une réalisation dans des technologies très variées telles qu'en ligne microruban, ligne triplaquée, ligne coaxiale carrée, en technologie dite *bar-line*, etc.

A cet effet, le coupleur de l'invention, qui est du type coupleur hyperfréquence hybride à six accès comprenant trois entrées et trois sorties isolées et adaptées, où un signal appliqué à l'une quelconque de ces entrées produit aux trois sorties des signaux distribués orthogonalement en phase et uniformément en amplitude, est caractérisé par un configuration plane de lignes de transmission comprenant : une couronne interne formée de trois segments semblables, les points de jonction de ces segments constituant trois premiers accès, entrées ou sorties, du coupleur ; une couronne externe formée de trois segments semblables, les points de jonction de ces segments constituant trois seconds accès, respectivement sorties ou entrées, du coupleur ; et trois branches radiales, reliant entre eux les points de jonction des segments de la couronne interne aux points de jonction homologues de la couronne externe.

Dans une première forme de réalisation, λ étant la longueur d'onde guidée, les valeurs des longueurs

étant considérées modulo λ et Z_0 étant l'impédance caractéristique des lignes d'entrée et de sortie, les segments de la couronne interne sont de longueur $\lambda/3$ et d'impédance caractéristique Z_0 , les segments de la couronne externe sont de longueur $\lambda/3$ ou $4\lambda/3$ et d'impédance caractéristique Z_0 et les branches radiales sont de longueur $\lambda/12$ et d'impédance caractéristique Z_0 .

Dans une seconde forme de réalisation, avec les mêmes conventions, les segments de la couronne interne sont de longueur $\lambda/3$ et d'impédance caractéristique $Z_0/2$, les segments de la couronne externe sont de longueur $\lambda/3$ et d'impédance caractéristique $Z_0/2$ et les branches radiales sont de longueur $5\lambda/12$ et d'impédance caractéristique Z_0 .

Il peut être en outre avantageusement prévu, pour élargir la bande passante du coupleur, des branches radiales additionnelles reliant la couronne interne à la couronne externe en des points de celles-ci situés dans des régions intermédiaires entre lesdits points de jonction respectifs.

L'invention couvre également les coupleurs hyperfréquence hybrides généralisés à $3 \times N$ entrées et $3 \times M$ sorties isolées et adaptées, N et M étant des entiers naturels, où un signal appliqué à l'une quelconque des $3 \times N$ entrées produit une distribution uniforme de signaux aux $3 \times M$ sorties, dans lesquels, N et M étant supérieurs à 1, le coupleur généralisé est formé par combinaison d'une pluralité de coupleurs élémentaires 3×3 du type indiqué plus haut ainsi que, éventuellement, de coupleurs 2×2 de type classique.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée ci-dessous, faite en référence aux dessins annexés.

La figure 1, précitée, montre schématiquement un coupleur 3×3 de l'art antérieur.

La figure 2 montre le coupleur 3×3 de l'invention, vu en plan.

Les figures 3 et 4 sont des vues en coupe du coupleur de la figure 2, réalisé respectivement en ligne microruban et en ligne triplaque.

La figure 5 est une vue en plan homologue de la figure 2, pour une variante de réalisation plus particulièrement adaptée à une réalisation en ligne microruban.

La figure 6 montre un exemple de coupleur 9×9 réalisé par combinaison d'une pluralité de coupleurs 3×3 selon l'invention.

La figure 7 est une variante de la figure 6, dans lequel le couplage des différentes entrées et sorties des coupleurs élémentaires a été réalisé sans croisement de lignes.

La figure 8 est un exemple de coupleur 6×6 réalisé par combinaison de coupleurs 3×3 selon l'invention et de coupleurs 2×2 de type classique.

A titre liminaire, on indiquera que, sur toutes les figures, les références 1 à 18 désignent les différents accès du coupleur de façon entièrement indépen-

dante des divers modes de réalisation ; par convention, les nombres pairs désignent les entrées et les nombres impairs, les sorties.

En revanche, les autres références numériques désignent, d'une figure à l'autre, des éléments fonctionnellement semblables.

Sur la figure 2, on a représenté schématiquement, en plan, le coupleur 30 selon l'invention. Celui-ci comporte essentiellement trois branches radiales 31 équiangulairement disposées, reliant les entrées 1, 3 ou 5 aux sorties homologues 2, 4 ou 6, respectivement, du coupleur. Par ailleurs, les entrées 1, 3 et 5 sont reliées entre elles par une couronne interne formée de trois segments semblables 33, tandis que les sorties 2, 4 et 6 sont reliées entre elles par une couronne externe formée de trois segments semblables 33. Pour élargir la bande passante du coupleur, il est en outre possible d'ajouter des branches radiales additionnelles 31' reliant la couronne interne à la couronne externe en des points de celles-ci situés dans des régions intermédiaires entre les points de jonction respectifs.

Avec une telle configuration, un signal hyperfréquence appliqué à l'une quelconque des entrées 1, 3 ou 5 est restitué aux trois sorties 2, 4 et 6 avec des amplitudes nominalement égales. Deux des phases de sortie sont égales, la troisième étant nominalement à 120° par rapport aux deux autres. Les deux autres entrées non utilisées sont nominalement découplées. Du point de vue des impédances, l'ensemble du composant est nominalement adapté.

Du fait de sa configuration essentiellement plane, ce composant peut être réalisé dans des technologies très variées, par exemple en ligne microruban, en ligne triplaque, en ligne coaxiale de section circulaire, rectangulaire ou carrée, en ligne coaxiale carrée, en technologie dite *bar-line*, etc.

On a ainsi représenté, en coupe, sur la figure 3 une réalisation en ligne microruban, avec une métallisation 34 déposée sur un substrat 35 ou, sur la figure 4, une réalisation en ligne triplaque avec un conducteur central 36 disposé entre deux plans de masse 37 et 38.

En ce qui concerne le dimensionnement et la détermination des impédances caractéristiques des différents segments de lignes du dispositif, on proposera deux configurations typiques.

Dans la première réalisation, correspondant à la géométrie de la figure 2, tous les segments 31, 32 ou 33 ont la même impédance caractéristique Z_0 que les lignes d'entrée et de sortie. Les segments radiaux 31 ont une longueur égale à $\lambda/12$, les segments 32 ont une longueur $\lambda/3$ et les segments 33, une longueur $3\lambda/4$. Bien entendu, toutes ces dimensions sont données modulo λ .

Dans une seconde réalisation, correspondant à l'illustration de la figure 5, les segments radiaux 31 ont une impédance caractéristique Z_0 égale à celle des

lignes d'entrée et de sortie, tandis que les segments 32 et 33 des couronnes interne et externe ont une impédance caractéristique égale à $Z_0/2$. La longueur des segments radiaux 31 est de $5\lambda/12$ et celle des segments 32 et 33 des couronnes interne et externe, de $\lambda/3$. On notera que, pour les segments 33 de la couronne externe, il peut être avantageux, comme illustré sur la figure 5, d'allonger ceux-ci d'une ou plusieurs longueurs d'onde afin d'éviter un couplage entre les couronnes interne et externe, notamment dans le cas d'une réalisation en ligne microruban (avec une configuration de type coaxiale carrée ou *bar-line*, cette contrainte est absente, du fait que les lignes sont fermées et découplées).

Les figures 6 à 8 illustrent des réalisations de coupleurs généralisés présentant un nombre d'entrées et de sorties supérieur à trois, obtenus par combinaison de coupleurs 3x3 du type que l'on vient de décrire (figure 4). La manière de combiner entre eux des coupleurs est en elle-même bien connue de la technique, et exposée en détail par exemple dans l'article de Shelton et Kelleher mentionné plus haut. On ne décrira donc ces coupleurs généralisés que de façon très succincte.

Ainsi, sur la figure 6, on a décrit un coupleur 9x9, avec dix-huit accès référencés 1 à 18, réalisé par combinaison de six coupleurs élémentaires 3x3, référencés 30.

Si l'on veut éviter le croisement des lignes reliant entre elles les entrées et les sorties des divers coupleurs élémentaires 30, on peut choisir la configuration illustrée figure 7, qui se prête particulièrement bien à une réalisation entièrement plane (par exemple en ligne microruban): pour éviter le croisement des lignes, on y prévoit deux coupleurs 3x3 supplémentaires 30' et 30'' placés dos à dos, de sorte que le signal appliqué à l'accès 1' se retrouve sur l'accès 1'', celui appliqué à l'accès 3', sur l'accès 3'', etc., et vice versa.

Avec une telle configuration de coupleur généralisé selon la figure 6 ou 7, un signal appliqué à l'une quelconque des entrées (c'est-à-dire à l'un quelconque des accès de rang impair) se retrouve identiquement sur toutes les sorties (c'est-à-dire sur tous les accès de rang pair) et vice versa.

Sur la figure 8, on a illustré un coupleur 6x6 réalisé en combinant deux coupleurs élémentaires 3x3 selon l'invention, référencés 30, avec trois coupleurs élémentaires 2x2 de type classique, référencés 40; ces derniers permettent de combiner deux par deux les différentes entrées 1 et 3, 5 et 7, 9 et 11, respectivement, les signaux obtenus étant ensuite appliqués aux entrées respectives des deux coupleurs 3x3 pour être restitués aux six sorties 2, 4, 6, 8, 10 et 12.

Il est clair que d'autres configurations comportant un nombre plus important d'accès (coupleurs 6x12, 9x18, 27x27, etc.) sont réalisables par diverses combinaisons de coupleurs 2x2, 3x3 et 4x4, comme cela est exposé dans l'article précité de Shelton et

Kelleher.

Parmi les diverses applications envisageables pour de tels coupleurs élémentaires ou généralisés, on peut citer:

- 5 – les réseaux de formation de faisceaux pour antennes multi-faisceaux contournées ou non, pour satellites de télécommunications ou d'observation, ou pour radars;
- 10 – les réseaux de formation de faisceaux d'écartométrie pour antennes de satellites, pour stations terriennes mobiles ou non, ou pour radars;
- 15 – les systèmes à redondances multiples, par exemple pour les antennes de télémétrie/télécommande à plusieurs éléments (typiquement trois ou quatre) pouvant être reliés à plusieurs blocs émetteurs/récepteurs par les coupleurs de l'invention;
- 20 – les systèmes amplificateurs à accès multiples, permettant de répartir la puissance d'émission sur plusieurs amplificateurs et de la distribuer efficacement et avec une certaine souplesse à plusieurs sorties ou faisceaux d'antennes;
- 25 – ainsi que, plus généralement, tous les circuits de distribution hyperfréquence, notamment (mais sans caractère limitatif, pour les applications spatiales.

Revendications

- 30 1. Un coupleur hyperfréquence hybride (30) à six accès (1-6), comprenant trois entrées (1, 3, 5) et trois sorties (2, 4, 6) isolées et adaptées, où un signal appliqué à l'une quelconque de ces entrées produit aux trois sorties des signaux distribués orthogonalement en phase et uniformément en amplitude,
 - 35 caractérisé par une configuration plane de lignes de transmission comprenant :
 - 40 – une couronne interne formée de trois segments (32) semblables, les points de jonction (1, 3, 5) de ces segments constituant trois premiers accès, entrées ou sorties, du coupleur,
 - 45 – une couronne externe formée de trois segments (33) semblables, les points de jonction (2, 4, 6) de ces segments constituant trois seconds accès, respectivement sorties ou entrées, du coupleur, et
 - 50 – trois branches radiales (31), reliant entre eux les points de jonction (1, 3, 5) des segments de la couronne interne aux points de jonction homologues (2, 4, 6) de la couronne externe.
- 55 2. Le coupleur de la revendication 1, dans lequel, λ étant la longueur d'onde guidée, les valeurs des longueurs étant considérées modulo λ et Z_0 étant l'impédance caractéristique des lignes d'entrée

et de sortie :

- les segments de la couronne interne (32) sont de longueur $\lambda/3$ et d'impédance caractéristique Z_0 ,
- les segments de la couronne externe (33) sont de longueur $\lambda/3$ ou $4\lambda/3$ et d'impédance caractéristique Z_0 , et
- les branches radiales (31) sont de longueur $\lambda/12$ et d'impédance caractéristique Z_0 .

10

3. Le coupleur de la revendication 1, dans lequel, λ étant la longueur d'onde guidée, les valeurs des longueurs étant considérées modulo λ et Z_0 étant l'impédance caractéristique des lignes d'entrée et de sortie :

15

- les segments de la couronne interne (32) sont de longueur $\lambda/3$ ou $4\lambda/3$ et d'impédance caractéristique $Z_0/2$,
- les segments de la couronne externe (33) sont de longueur $\lambda/3$ et d'impédance caractéristique $Z_0/2$, et
- les branches radiales (31) sont de longueur $5\lambda/12$ et d'impédance caractéristique Z_0 .

20

4. Le coupleur de la revendication 1, dans lequel il est prévu des branches radiales additionnelles (31') reliant la couronne interne à la couronne externe en des points de celles-ci situés dans des régions intermédiaires entre lesdits points de jonction respectifs (1, 3, 5; 2, 4, 6).

25

30

5. Un coupleur hyperfréquence hybride généralisé à $3 \times N$ entrées et $3 \times M$ sorties isolées et adaptées, N et M étant des entiers naturels, où un signal appliqué à l'une quelconque des $3 \times N$ entrées produit une distribution uniforme de signaux aux $3 \times M$ sorties, caractérisé en ce que, N et M étant supérieurs à 1, il est formé par combinaison d'une pluralité de coupleurs (30) selon la revendication 1 ainsi que, éventuellement, de coupleurs 2×2 de type classique.

35

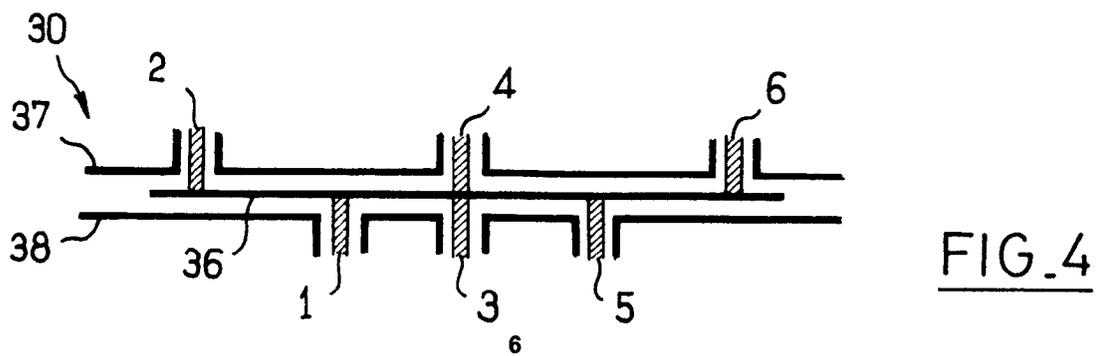
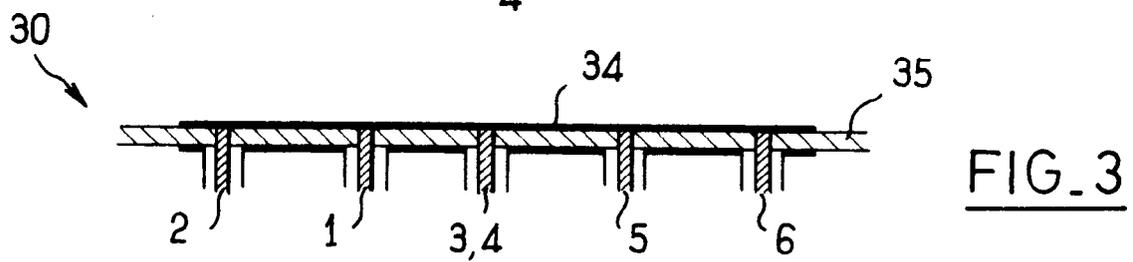
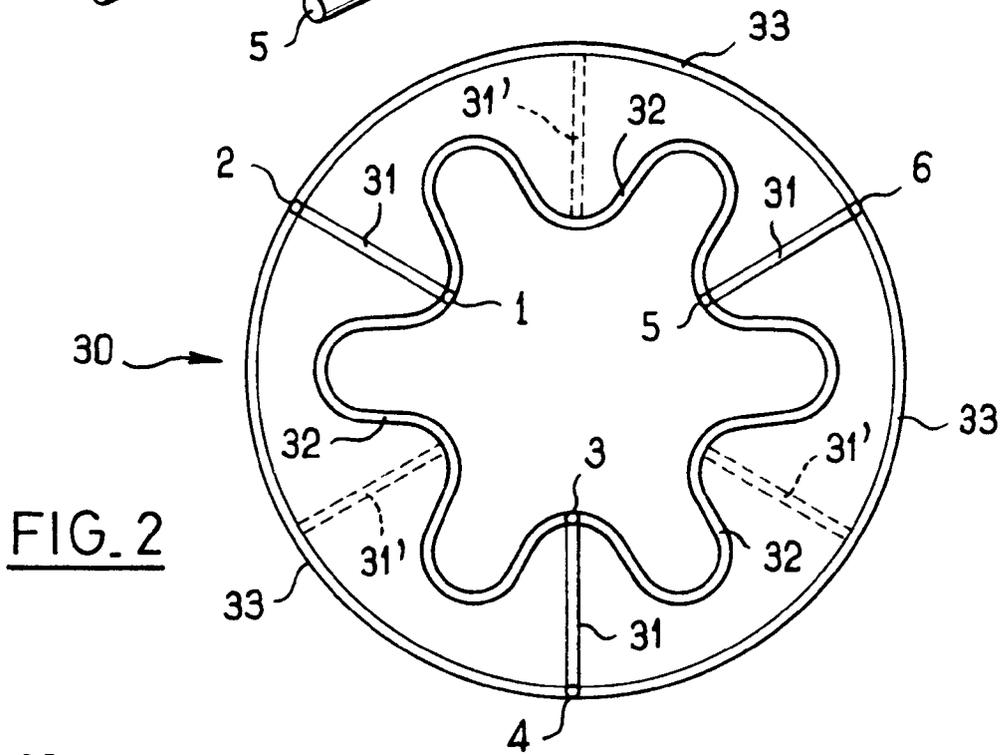
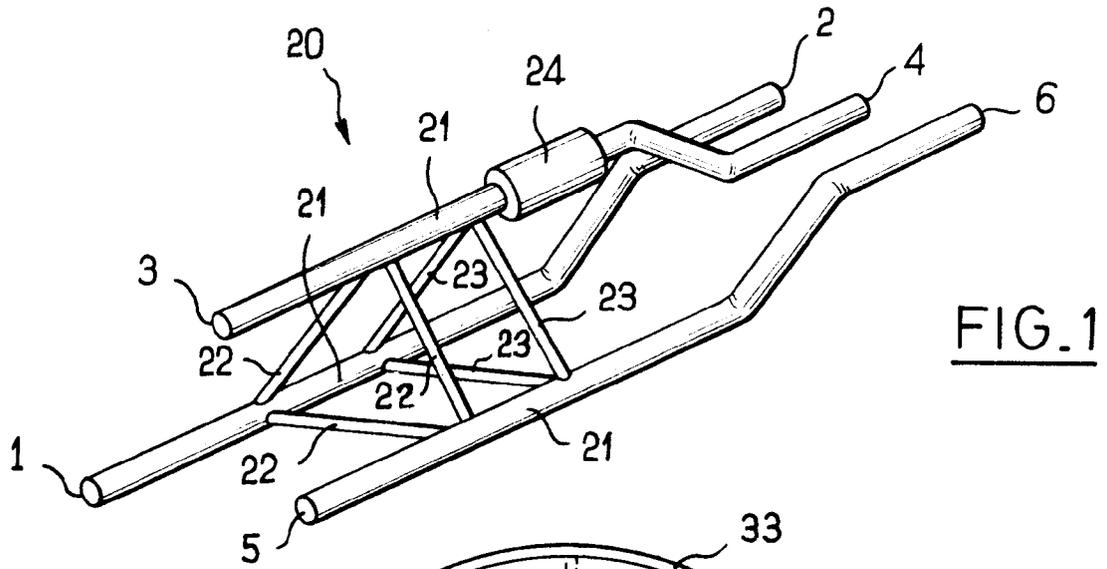
40

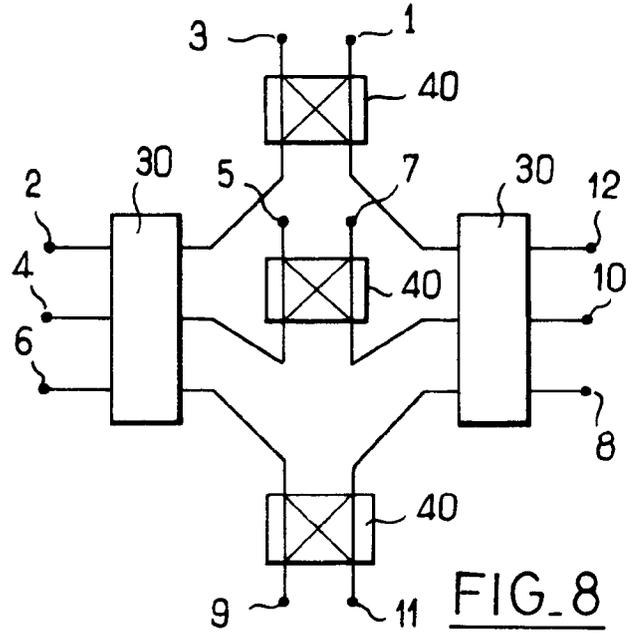
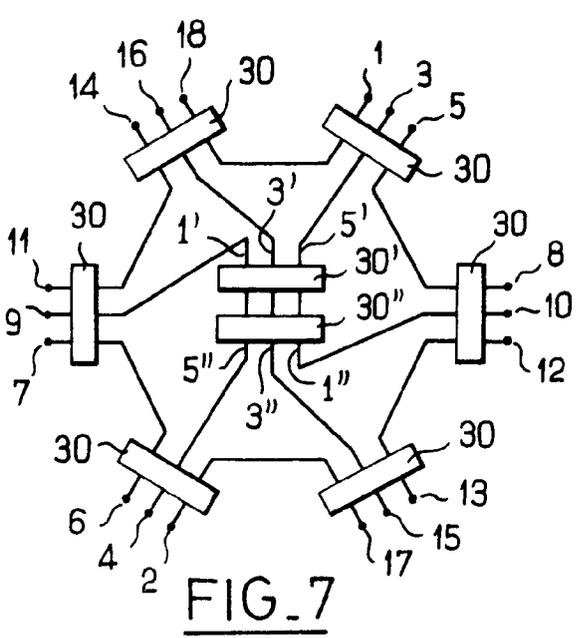
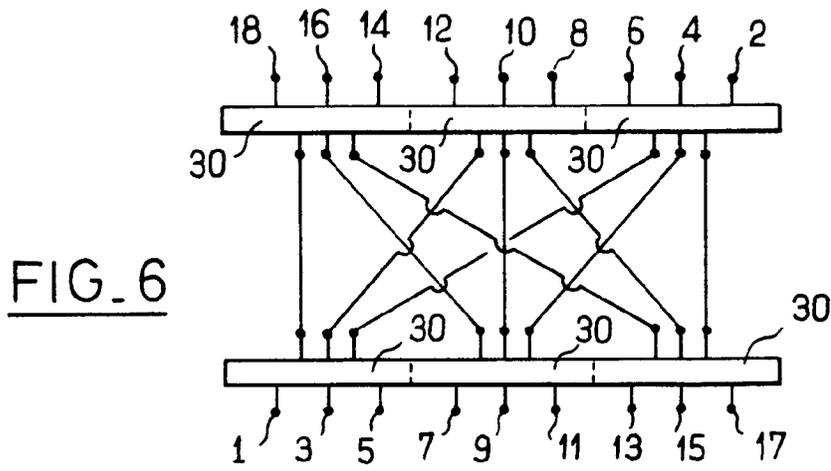
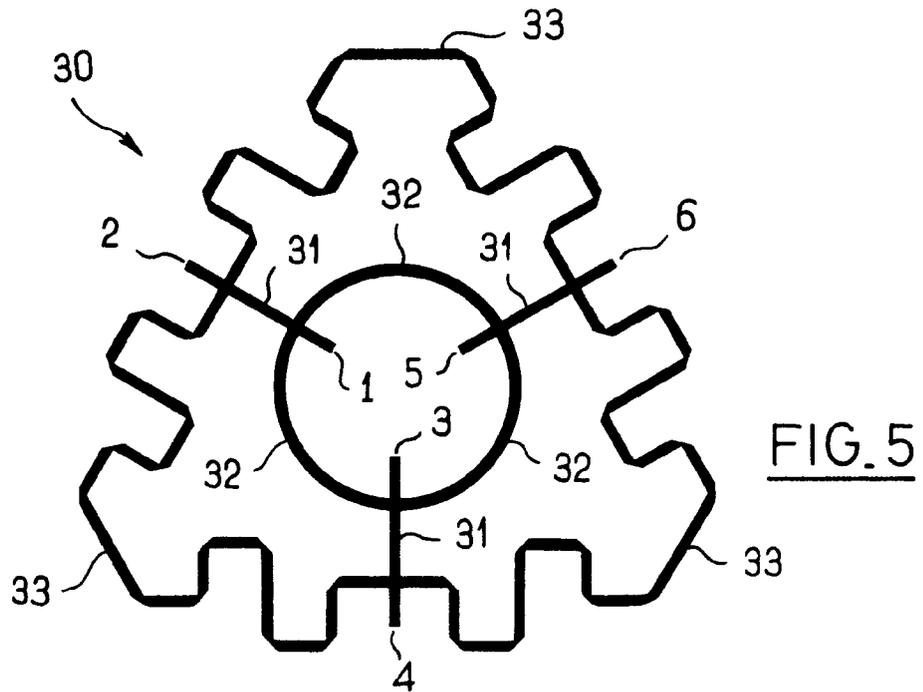
45

50

55

5







Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 91 40 3242

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	IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES. vol. 32, no. 1, Janvier 1984, NEW YORK US pages 51 - 57; D.I.KIM ET AL.: 'Properties of the symmetrical five-port circuit and its broad-band design' * page 54, colonne de gauche, ligne 11 - ligne 16; figures 7,9 *	1	HO1P5/22
A	US-A-2 784 381 (BUDENBOM) * colonne 6, ligne 1 - ligne 50; figures 7,8 *	1,5	
A	US-A-4 328 471 (QUINE) * colonne 2, ligne 8 - colonne 3, ligne 8; figures 1,2 *	1	
A	1976 IEEE MTT-S INTERNATIONAL MICROWAVE SYMPOSIUM-DIGEST OF TECHNICAL PAPERS Juin 14-16, 1976, Cherry Hill, US IEEE, Piscataway, US, 1976; pages 63-65 M.E.HINES: "Symmetrical 2N-port directional coupler" * page 63, colonne de droite, ligne 37 - page 64, colonne de gauche, ligne 9; figure 3 *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
A	MICROWAVE JOURNAL. vol. 22, no. 2, Février 1979, DEDHAM US pages 51 - 52; H.C.CHAPELL: 'Designing impedance matched in-phase power dividers' * page 51, colonne de gauche, ligne 1 - ligne 26; figure 2 *	1,2	HO1P HO1Q HO3F
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 12 FEVRIER 1992	Examineur DEN OTTER A.M.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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			

EPO FORM 1503 03.82 (P0402)