

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Numéro de publication: **0 407 243 A1**

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: **90401676.3**

(51) Int. Cl.⁵: **H01Q 25/00**, **H01Q 3/26**,
H01Q 21/00

(22) Date de dépôt: **15.06.90**

(30) Priorité: **04.07.89 FR 8908960**

(43) Date de publication de la demande:
09.01.91 Bulletin 91/02

(84) Etats contractants désignés:
DE GB IT

(71) Demandeur: **THOMSON-CSF**
51, Esplanade du Général de Gaulle
F-92800 Puteaux(FR)

(72) Inventeur: **Pourailly, Jean-Louis**
THOMSON-CSF, SCPI, Cédex 67
F-92045 Paris la Défense(FR)
Inventeur: **Roger, Joseph**
THOMSON-CSF, SCPI, Cédex 67
F-92045 Paris la Défense(FR)

(74) Mandataire: **Albert, Claude et al**
THOMSON-CSF SCPI
F-92045 PARIS LA DEFENSE CEDEX 67(FR)

(54) **Système d'antenne à faisceaux multiples à modules actifs, et formation de faisceaux par le calcul numérique.**

(57) Un tel système comprend, typiquement : une pluralité d'antennes élémentaires (1) configurées en réseau, avec chacune un module actif (2) associé ; une pluralité de modules FFC (5), recevant chacun un signal hyperfréquence provenant des modules actifs et délivrant des données numériques complexes (I, Q) représentatives du signal d'entrée ; et des moyens processeurs FFC (6) élaborant des sommes pondérées à partir de ces données numériques complexes, la pondération correspondant à une voie de réception définissant un faisceau étroit du diagramme de rayonnement de l'antenne.

Selon l'invention :

- le système comporte en outre une pluralité de circuits de préfiltrage spatial (4), dont chacun reçoit une pluralité de signaux en provenance des modules actifs (2) et délivre à un module FFC associé (5) un signal qui est une somme pondérée en amplitude de certains des signaux reçus en entrée, chaque module FFC étant ainsi associé à un sous-réseau, les différents sous-réseaux ainsi constitués étant imbriqués entre eux et la pondération étant choisie de manière que le diagramme du sous-réseau soit un diagramme sectoriel ne laissant essentiellement passer que les signaux en provenance d'une zone restreinte de l'espace,
- le nombre des circuits de préfiltrage spatial (4) et des modules FFC (5) est inférieur à celui des anten-

nes élémentaires, et

- les moyens processeurs FFC (6) traitent simultanément les signaux en sortie des circuits de préfiltrage spatial, de manière à obtenir pour le diagramme de rayonnement de l'antenne un nombre équivalent de faisceaux simultanés, distincts et de qualité homogène.

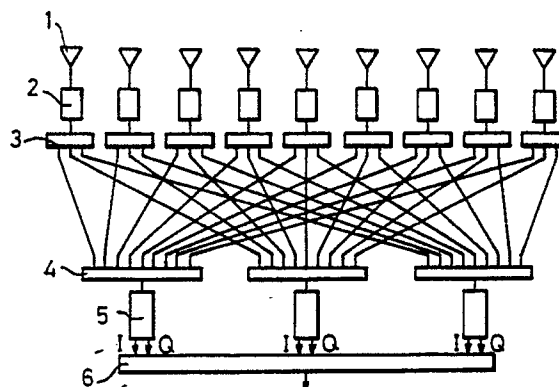


FIG.1

EP 0 407 243 A1

SYSTÈME D'ANTENNE À FAISCEAUX MULTIPLES À MODULES ACTIFS ET FORMATION DE FAISCEAUX PAR LE CALCUL NUMÉRIQUE

La présente invention concerne un système d'antenne à modules actifs et formation de faisceaux par le calcul numérique.

Dans la formation de faisceaux par le calcul (FFC), on élabore, à partir de signaux délivrés par des antennes élémentaires configurées en un réseau, un signal somme de tous ces signaux après les avoir pondérés par des coefficients appropriés ; lorsqu'il existe une relation de phase entre les ondes incidentes captées par les antennes élémentaires, on peut montrer qu'alors, sous certaines conditions, le signal somme est le signal qui serait obtenu par l'antenne réseau formée des antennes élémentaires mais avec une loi d'illumination définie par les coefficients de pondération.

La FFC numérique consiste à exécuter numériquement cette sommation pondérée des signaux délivrés par les antennes élémentaires.

Par ailleurs, on réalise un balayage électronique par application d'un déphasage variable et contrôlé aux signaux délivrés par les antennes élémentaires (ou, en émission, appliqués à celles-ci), de manière que le cumul des différents déphasages, combiné au pas du réseau, produise un « lobe principal » dont la direction avec l'axe central du réseau forme un angle variable, modifié en fonction des besoins.

Typiquement, une antenne à formation de faisceaux par le calcul numérique comprend :

- une pluralité d'antennes élémentaires configurées en un réseau,
- une pluralité de modules actifs amplificateurs d'émission et/ou de réception, en nombre égal à celui des antennes élémentaires et associés chacun, respectivement, à l'une de celles-ci (on appellera « module actif » un ensemble d'éléments actifs - tels qu'amplificateurs de puissance pour l'émission, amplificateurs faible bruit pour la réception, déphaseurs, etc. - situés à proximité d'un élément rayonnant d'une antenne réseau ; de façon générale, l'énergie à l'intérieur du module actif reste à la fréquence hyperfréquence du radar),
- une pluralité de modules FFC, recevant chacun un signal hyperfréquence provenant des modules actifs et délivrant en sortie des données numériques complexes représentatives du signal reçu en entrée (on appellera « module FFC » un tel organe, dont l'entrée reçoit le signal hyperfréquence après amplification faible bruit, et dont la sortie se présente sous la forme d'un nombre complexe représentatif du signal analogique d'entrée - c'est-à-dire d'un nombre à deux paramètres, correspondant à deux voies en quadrature, dites « voie sinus » et « voie cosinus »), et

- des moyens processeurs FFC élaborant, à partir des données numériques complexes délivrées par les différents modules FFC du système, des sommes pondérées de ces données, la pondération correspondant à une voie de réception définissant un faisceau étroit du diagramme de rayonnement de l'antenne.

On connaît actuellement deux techniques pour équiper ainsi une antenne réseau active de modules FFC.

Dans la première technique, on place un module FFC à la sortie de chaque voie de réception des modules actifs.

Cette solution, bien qu'elle autorise toutes les configurations possibles, présente cependant l'inconvénient de nécessiter un très grand nombre de modules FFC (les antennes réseaux actuellement réalisées comprennent, typiquement, 4000 à 5000 antennes élémentaires et donc autant de modules actifs).

Il en résulte deux conséquences très pénalisantes :

- tout d'abord, un coût très élevé (du fait du nombre élevé de modules FFC à prévoir),
- et d'autre part un très grand flux de données à gérer par le processeur FFC, puisque celui-ci devra traiter en temps réel autant de signaux complexes qu'il y a de modules FFC, c'est-à-dire plusieurs milliers de signaux complexes.

La seconde technique consiste à regrouper les antennes élémentaires du réseau en sous-réseaux adjacents obtenus par combinaison des signaux issus de modules actifs voisins, et de ne prévoir qu'un seul module FFC pour chaque sous-réseau.

Cette solution réduit fortement, bien entendu, les inconvénients mentionnés plus haut puisque le nombre de modules FFC peut être considérablement réduit. Elle présente cependant l'inconvénient de n'autoriser qu'un seul faisceau de bonne qualité, car si l'on s'écarte de la direction de pointage, les faisceaux calculés vont présenter des lobes de réseau, souvent inacceptables.

Pour pointer les sous-réseaux dans la direction d'analyse, il est nécessaire de prévoir un balayage électronique et un traitement séquentiel - et non plus simultané, comme dans le premier cas de figure - des informations, ce qui rend cette technique pénalisante en termes de cadence de renouvellement de l'information lorsque l'on doit gérer plusieurs directions (c'est-à-dire lorsque l'on a besoin de plusieurs faisceaux), en raison de ce mode de fonctionnement séquentiel.

L'un des buts de l'invention est de remédier à ces divers inconvénients, en proposant une archi-

teature d'antenne FFC à modules actifs permettant de gérer simultanément plusieurs faisceaux, en limitant cependant de façon notable la quantité d'informations à traiter par le processeur et, dans l'un des modes de réalisation, en réduisant également de façon notable le nombre de modules FFC nécessaire.

Ainsi, dans un premier mode de réalisation on va chercher principalement à réduire le nombre de modules FFC en associant à chaque module FFC un sous-réseau dont le diagramme est sectoral, et qui ne laissera donc passer que les signaux en provenance de la zone de l'espace dans laquelle on voudra établir la fonction multifaisceaux.

Cette caractéristique, qui sera par la suite désignée « préfiltrage spatial » est rendue possible, selon le premier mode de réalisation de l'invention, par le fait que, dans un système d'antennes FFC du type énoncé plus haut :

- le système comporte en outre une pluralité de circuits de préfiltrage spatial, dont chacun reçoit en entrée une pluralité de signaux en provenance des modules actifs disposés en amont et délivre en sortie, à un module FFC associé disposé en aval, un signal qui est une somme pondérée en amplitude de certains des signaux reçus en entrée, chaque module FFC étant ainsi associé à un sous-réseau du réseau des antennes élémentaires, les différents sous-réseaux ainsi constitués étant imbriqués entre eux et la pondération des signaux de chaque sous-réseau étant choisie de manière que le diagramme de celui-ci soit un diagramme sectoral ne laissant essentiellement passer que les signaux en provenance d'une zone restreinte de l'espace,
- le nombre de ces circuits de préfiltrage spatial ainsi que des modules FFC qui leur sont associés est inférieur au nombre des antennes élémentaires, et
- les moyens processeurs FFC traitent simultanément les signaux en sortie des circuits de préfiltrage spatial, de manière à obtenir pour le diagramme de rayonnement de l'antenne un nombre équivalent de faisceaux simultanés, distincts et de qualité homogène.

Dans un second mode de réalisation de l'invention, le « préfiltrage spatial » sert essentiellement à réduire la quantité d'information à traiter par le processeur FFC, sans chercher à réduire le nombre des modules FFC.

Dans ce cas, on prévoit autant de modules FFC que de modules actifs, on dispose ces modules FFC immédiatement après chaque module actif correspondant (les deux modules pouvant être, d'ailleurs, intégrés), et les sous-réseaux sont alors constitués en calculant des sommes pondérées directement à partir des signaux ainsi numérisés.

Plus précisément, selon ce second mode de

réalisation de l'invention :

- le système comporte en outre des moyens de préfiltrage spatial recevant en entrée les signaux délivrés par les modules FFC disposés en amont et délivrant en sortie, aux moyens processeurs FFC disposés en aval, des sommes pondérées en amplitude de certains des signaux reçus en entrée, de manière à constituer un sous-réseau du réseau des antennes élémentaires, les différents sous-réseaux ainsi constitués étant imbriqués entre eux et la pondération des signaux de chaque sous-réseau étant choisie de manière que le diagramme de celui-ci soit un diagramme sectoral ne laissant essentiellement passer que les signaux en provenance d'une zone restreinte de l'espace, et
- les moyens processeurs FFC traitent les signaux en sortie des moyens de préfiltrage spatial de manière à obtenir pour le diagramme de rayonnement de l'antenne un nombre équivalent de faisceaux simultanés, distincts et de qualité homogène.

Dans ce second mode de réalisation, les moyens de préfiltrage spatial peuvent notamment être mis en oeuvre par un automate programmable.

Avantageusement, dans l'un ou l'autre des modes de réalisation la pondération réalisée par les moyens processeurs FFC est une pondération adaptative assurant la convergence du pointage dans la direction de l'espace recherchée.

On va maintenant décrire un exemple de réalisation de l'invention, en référence aux dessins annexés.

La figure 1 est une illustration schématique du premier mode de réalisation précité de l'invention.

La figure 2 est une illustration schématique du second mode de réalisation précité de l'invention.

La figure 3 est un schéma par blocs montrant la structure, en elle-même connue, d'un module actif.

La figure 4 est un schéma par blocs montrant la structure, en elle-même connue, d'un module FFC.

La figure 5 est un exemple de diagramme de chacun des sous-réseaux imbriqués, relevé pour le mode de réalisation de la figure 1.

La figure 6 correspond, dans ce même cas, aux diagrammes de réseau obtenus par les seuls récepteurs FFC.

La figure 7 correspond à la combinaison des diagrammes des figures 5 et 6, c'est-à-dire au diagramme final du faisceau FFC après préfiltrage.

La figure 8 illustre les possibilités de balayage électronique par les modules FFC à l'intérieur du diagramme de la figure 5.

Les figures 9 et 10 sont, respectivement, homo-

logues des figures 5 et 7, mais avec application d'une valeur de dépointage de 30° environ par un contrôle appropriée des modules actifs.

La figure 1 illustre de façon schématique le premier mode de réalisation de l'invention. La référence 1 désigne les antennes élémentaires du réseau (pour la clarté du dessin, on n'a représenté qu'un nombre limité de ces antennes élémentaires, qui en réalité sont en nombre beaucoup plus élevé, typiquement de l'ordre de 4000 à 5000).

A chaque antenne élémentaire est associé un module actif 2, de type en lui-même connu (et dont la structure sera décrite plus bas en référence à la figure 3), essentiellement constitué par les circuits amplificateurs de réception et/ou d'émission.

De façon caractéristique de l'invention, on forme une pluralité de sous-réseaux imbriqués (trois sur la figure 1), au moyen de répartiteurs équi-amplitude et équi-phase 3 qui distribuent les signaux issus des amplificateurs pour les distribuer à un certain nombre (trois, dans l'exemple illustré) de réseaux de préfiltrage spatial 4 dont le rôle est d'effectuer la sommation des signaux qu'ils reçoivent en entrée en appliquant à ces signaux des coefficients de pondération en amplitude, caractéristiques de chacun des sous-réseaux que l'on veut constituer.

A cet effet, la surface des sous-réseaux peut, grâce à l'imbrication, être choisie pour obtenir des diagrammes ayant un rayonnement secondaire très propre, c'est-à-dire un diagramme très proche d'un diagramme sectoriel idéal, car on peut en effet affecter à chaque sous-réseau un nombre de signaux suffisants pour établir la pondération voulue.

Le signal de sortie de chacun de ces circuits de préfiltrage spatial 4 (c'est-à-dire le signal correspondant à chacun des sous-réseaux que l'on a constitué) est appliqué en entrée à un module FFC 5 de type connu (et dont la structure sera décrite plus bas en référence à la figure 4) qui délivre en sortie une valeur numérique complexe, sous forme de deux signaux I et Q (les « voie sinus » et « voie cosinus » mentionnées plus haut).

Les composantes I et Q des valeurs complexes délivrées par les différents modules FFC du système sont appliquées à un processeur FFC 6 qui traitera simultanément les valeurs numériques correspondant à chacun des sous-réseaux, permettant ainsi, comme on le recherche, d'obtenir une pluralité de pinceaux simultanés et de qualité homogène.

Le calculateur FCC peut, avantageusement, être un dispositif bouclé, « intelligent », délivrant grâce à des algorithmes appropriés un signal adaptatif permettant d'effectuer le pointage dans la direction précise de l'espace où l'on en a besoin, en évitant les brouilleurs par création de « trous » dans le diagramme dans la direction de ceux-ci : on obtient ainsi le résultat voulu d'une antenne

dont le diagramme est constitué par une « grappe » de faisceaux étroits, ajustables avec précision, antibrouillés et de qualité homogène.

La figure 5 montre un exemple de diagramme relevé pour l'un des sous-réseaux imbriqués (c'est-à-dire d'un diagramme obtenu par une pondération appropriée dans l'un des circuits de préfiltrage spatial 4), avec, comme on peut le voir, un lobe principal central définissant approximativement le diagramme sectoriel idéal mentionné plus haut.

La figure 6 montre le diagramme de réseau obtenu par les modules FFC seuls, c'est-à-dire sans le préfiltrage des sous-réseaux, et la figure 7 montre ce même diagramme après préfiltrage, c'est-à-dire le diagramme obtenu en combinant les diagrammes séparés des figures 5 et 6 : on voit ainsi que les lobes de réseau importants du diagramme de la figure 6 disparaissent pratiquement complètement après passage dans le préfiltre des sous-réseaux.

La figure 8 illustre la possibilité que l'on a, avec un même jeu de données, de former des lobes FFC dans toute la zone définie par le préfiltre ; à cet effet, par un balayage électronique résultant d'une commande appropriée des modules FFC, on translate de quelques degrés ou fractions de degré vers la droite ou vers la gauche le diagramme de la figure 6, et donc le lobe central de celui-ci, de façon à faire balayer par ce dernier la totalité du secteur angulaire défini par le sous-réseau.

La figure 8 correspond ainsi à une série de diagrammes homologues du diagramme de la figure 7, obtenus avec un même diagramme de préfiltrage spatial (celui de la figure 5) mais en décalant de quelques degrés ou fractions de degré vers la gauche ou vers la droite le diagramme de la figure 6 par une commande appropriée des modules FFC.

Enfin, à l'aide des déphaseurs électroniques des modules actifs (et non de ceux des modules FFC, qui ne servent qu'au pointage fin), il est possible d'orienter différemment le secteur angulaire du préfiltre, en fonction des besoins.

Ainsi, sur les figures 9 et 10, au lieu d'un pointage dans l'axe on a opéré un dépointage de $+30^\circ$, le diagramme de la figure 5 devenant celui de la figure 9 et le diagramme de la figure 7, celui de la figure 10.

On voit ainsi que l'on peut sans difficulté balayer une zone de l'espace relativement étendue, tout en conservant les propriétés d'étroitesse du faisceau (et donc d'antibrouillage) permise par la technique FFC.

On notera que, bien que sur la figure 1 chacun des circuits de préfiltrage spatial (c'est-à-dire des sous-réseaux) utilise les signaux délivrés par l'ensemble du système, cette caractéristique n'est pas indispensable, et, en pratique (notamment pour li-

imiter le facteur de bruit de l'antenne lorsque celle-ci comporte un nombre élevé de modules actifs) on pourrait être amené à limiter le nombre de signaux affectés à chaque sous-réseau. Cependant, du fait que le préfiltrage a lieu en aval (dans le sens de la réception) des modules actifs, on peut utiliser les signaux issus des amplificateurs de ces derniers pour plusieurs préfiltres, donc réaliser une imbrication très importante sans pénaliser le rapport signal/bruit.

Néanmoins, si l'on peut réaliser la numérisation du signal directement au niveau du module actif, cette contrainte d'augmentation du facteur de bruit ne joue plus, de sorte que l'on pourra ajuster au mieux le préfiltrage spatial sans être obligé de limiter le nombre des signaux affectés à chaque sous-réseau.

Par ailleurs, pour simplifier la description, on a pris pour exemple un réseau linéaire l'invention n'est cependant pas limitée à un tel type de réseau, et s'applique à des réseaux de forme quelconque, notamment des réseaux surfaciques ou volumiques.

De même, le réseau FFC n'a pas besoin d'être, comme illustré, un réseau à pas régulier ; la répartition peut être quelconque, à condition de ne pas générer de lobes de réseau à l'intérieur de la zone préfiltrée.

La figure 2 illustre un second mode de réalisation de l'invention, utilisant également la même technique de préfiltrage spatial, mais remplaçant le maillage entre les répartiteurs 3 et le circuit de préfiltrage spatial 4 par une distribution opérée par le calcul, directement sur des valeurs numériques.

A cet effet, on associe à chaque module actif 2 un module FFC 5 (les deux modules pouvant d'ailleurs être, physiquement, intégrés en un circuit unique) délivrant les valeurs numériques complexes I et Q à un organe de préfiltrage numérique 4 tel qu'un calculateur réparti (de préférence, un automate programmable) qui va constituer directement par le calcul les sous-réseaux en déterminant les sommes pondérées appropriées à partir des signaux numérisés en amont.

Ces sommes pondérées sont délivrées au calculateur FFC 6, qui les traitera de la même façon que dans le cas du premier mode de réalisation.

Cette solution ne permet certes pas de réduire le nombre des modules FFC par rapport aux solutions de l'art antérieur, mais offre néanmoins l'avantage de limiter considérablement le flux d'informations à traiter par le calculateur FFC 6 du fait du préfiltrage spatial opéré en amont par l'organe 4.

Cette architecture procure en outre, par rapport à celle du mode de réalisation de la figure 1, les avantages de simplification de la connectique, de diminution du nombre de bits de codage des

convertisseurs numériques (car, du fait du préfiltrage spatial, la dynamique des signaux pourra être plus faible) et de répartition de la puissance de calcul à proximité des modules où sont produites les données - c'est-à-dire que la majeure partie du traitement numérique de masse aura lieu à proximité des modules actifs et FFC, déchargeant d'autant la tâche du calculateur 6.

On a illustré sur les figures 3 et 4, respectivement, la structure générale des modules actifs 2 et des modules FFC 5. Ces modules n'ont été représentés que schématiquement dans la mesure où, pour l'essentiel, il s'agit de structures en elles-mêmes connues.

Chaque module actif 2 est constitué (figure 3) d'un déphaseur 10 permettant d'orienter à volonté le plan d'onde. Ce déphaseur est relié d'une part aux circuits d'émission et de réception et d'autre part à un commutateur 11. En émission, ce commutateur relie le déphaseur à un amplificateur de puissance constitué d'étages 12, 13 alimentant l'antenne élémentaire 1 via un circulateur 14 et un filtre d'harmoniques 15 ; en réception, l'antenne élémentaire 1 alimente, via le filtre 15 et le circulateur 14, un amplificateur faible bruit 16, généralement via un étage limiteur 17. L'amplificateur 16 délivre le signal capté et amplifié au déphaseur 10 (via le commutateur émission/réception 11) par l'intermédiaire d'un atténuateur 18 servant au réglage du niveau, notamment pour la pondération en amplitude de l'antenne élémentaire dans le réseau.

La figure 4 illustre le schéma d'un module FFC 5, de type analogique.

Celui-ci reçoit en entrée un signal S hyperfréquence, qui est abaissé à une première fréquence intermédiaire, de l'ordre de 1000 MHz, par un mélangeur 20 alimenté par un oscillateur local OL1, commun à tous les modules FFC. Le signal en sortie du mélangeur est filtré en 21 et amplifié en 22, puis soumis à un second changement de fréquence (pour aboutir à une seconde fréquence intermédiaire de l'ordre de 60 MHz), ce second changement de fréquence étant effectué sur deux voies semblables comportant chacune un mélangeur 23, 23', un filtre passe-bas 24, 24' et un amplificateur vidéo 25, 25'. Pour obtenir un signal complexe représentatif à la fois de l'amplitude et de la phase du signal de base, on doit effectuer une démodulation amplitude/phase à partir de deux signaux d'oscillateur local OL2 en quadrature, qui sont respectivement appliqués à chacun des deux mélangeurs 23 et 23'.

Enfin, chacun des deux signaux en quadrature est numérisé par un convertisseur analogique/numérique respectif 26, 26' pour donner les signaux I (signal de référence) et Q (signal en quadrature) délivré par chacun des modules FFC.

On notera que cette description correspond à un module FFC analogique, c'est-à-dire dans lequel la conversion analogique/numérique est effectuée après démodulation ; il est également possible de prévoir un module FFC numérique, c'est-à-dire dans lequel, la numérisation étant effectuée en amont, la démodulation amplitude/phase est effectuée de façon numérique, par le calcul, et non par mélange et filtrage de signaux.

Revendications

1. Un système d'antenne à modules actifs et formation de faisceaux par le calcul numérique, comprenant :

- une pluralité d'antennes élémentaires (1) configurées en un réseau,
- une pluralité de modules actifs (2) amplificateurs d'émission et/ou de réception, en nombre égal à celui des antennes élémentaires et associés chacun, respectivement, à l'une de celles-ci,
- une pluralité de modules FFC (5), recevant chacun un signal hyperfréquence provenant des modules actifs et délivrant en sortie des données numériques complexes (I, Q) représentatives du signal reçu en entrée, et
- des moyens processeurs FFC (6) élaborant, à partir des données numériques complexes délivrées par les différents modules FFC du système, des sommes pondérées de ces données, la pondération correspondant à une voie de réception définissant un faisceau étroit du diagramme de rayonnement de l'antenne, caractérisé en ce que :
- le système comporte en outre une pluralité de circuits de préfiltrage spatial (4), dont chacun reçoit en entrée une pluralité de signaux en provenance des modules actifs (2) disposés en amont et délivre en sortie, à un module FFC associé (5) disposé en aval, un signal qui est une somme pondérée en amplitude de certains des signaux reçus en entrée, chaque module FFC étant ainsi associé à un sous-réseau du réseau des antennes élémentaires, les différents sous-réseaux ainsi constitués étant imbriqués entre eux et la pondération des signaux de chaque sous-réseau étant choisie de manière que le diagramme de celui-ci soit un diagramme sectoriel ne laissant essentiellement passer que les signaux en provenance d'une zone restreinte de l'espace,
- le nombre de ces circuits de préfiltrage spatial (4) ainsi que des modules FFC (5) qui leur sont associés est inférieur au nombre des antennes élémentaires, et
- les moyens processeurs FFC (6) traitent simultanément les signaux en sortie des circuits de préfiltrage spatial, de manière à obtenir pour le

diagramme de rayonnement de l'antenne un nombre équivalent de faisceaux simultanés, distincts et de qualité homogène.

2. Le système d'antenne de la revendication 1, dans lequel la pondération réalisée par les moyens processeurs FFC (6) est une pondération adaptative assurant la convergence du pointage dans la direction de l'espace recherchée.

3. Un système d'antenne à modules actifs et formation de faisceaux par le calcul numérique, comprenant :

- une pluralité d'antennes élémentaires (1) configurées en un réseau,
 - une pluralité de modules actifs (2) amplificateurs d'émission et/ou réception, en nombre égal à celui des antennes élémentaires et associés chacun, respectivement, à l'une de celles-ci,
 - une pluralité de modules FFC (5), en nombre égal à celui des modules actifs et associés chacun, respectivement, à l'un de ceux-ci, recevant chacun le signal hyperfréquence provenant du module actif et délivrant en sortie des données numériques complexes (I, Q) représentatives du signal reçu en entrée, et
 - des moyens processeurs FFC (6) élaborant, à partir des données numériques complexes délivrées par les différents modules FFC du système, des sommes pondérées de ces données, la pondération correspondant à une voie de réception définissant un faisceau étroit du diagramme de rayonnement de l'antenne, caractérisé en ce que :
 - le système comporte en outre des moyens de préfiltrage spatial (4) recevant en entrée les signaux délivrés par les modules FFC (5) disposés en amont et délivrant en sortie, aux moyens processeurs FFC (6) disposés en aval, des sommes pondérées en amplitude de certains des signaux reçus en entrée, de manière à constituer un sous-réseau du réseau des antennes élémentaires, les différents sous-réseaux ainsi constitués étant imbriqués entre eux et la pondération des signaux de chaque sous-réseau étant choisie de manière que le diagramme de celui-ci soit un diagramme sectoriel ne laissant essentiellement passer que les signaux en provenance d'une zone restreinte de l'espace, et
 - les moyens processeurs FFC (6) traitent les signaux en sortie des moyens de préfiltrage spatial de manière à obtenir pour le diagramme de rayonnement de l'antenne un nombre équivalent de faisceaux simultanés, distincts et de qualité homogène.
4. Le système d'antenne de la revendication 3 dans lequel les moyens de préfiltrage spatial (4) sont mis en oeuvre par un automate programmable.
5. Le système d'antenne de la revendication 3,

dans lequel la pondération réalisée par les moyens processeurs FFC (6) est une pondération adaptative assurant la convergence du pointage dans la direction de l'espace recherchée.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

7

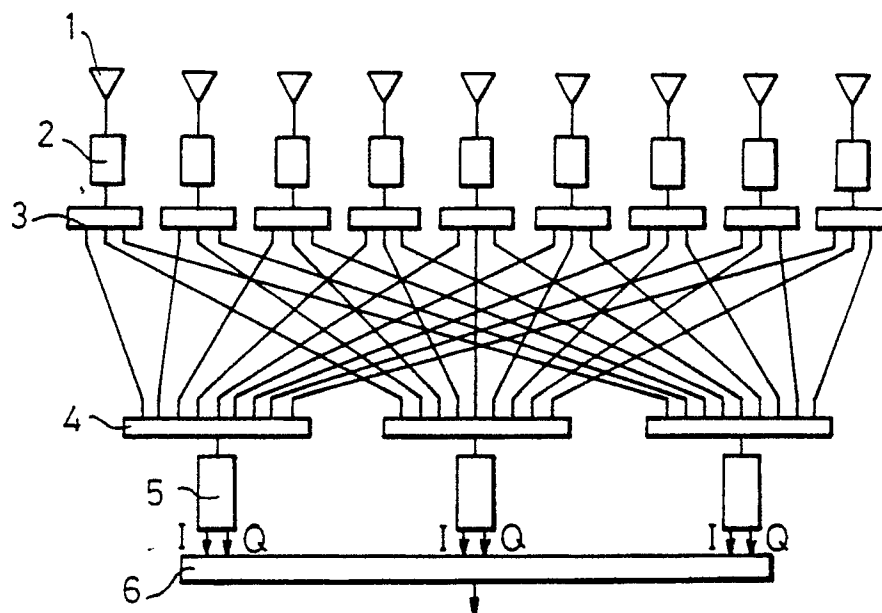


FIG. 1

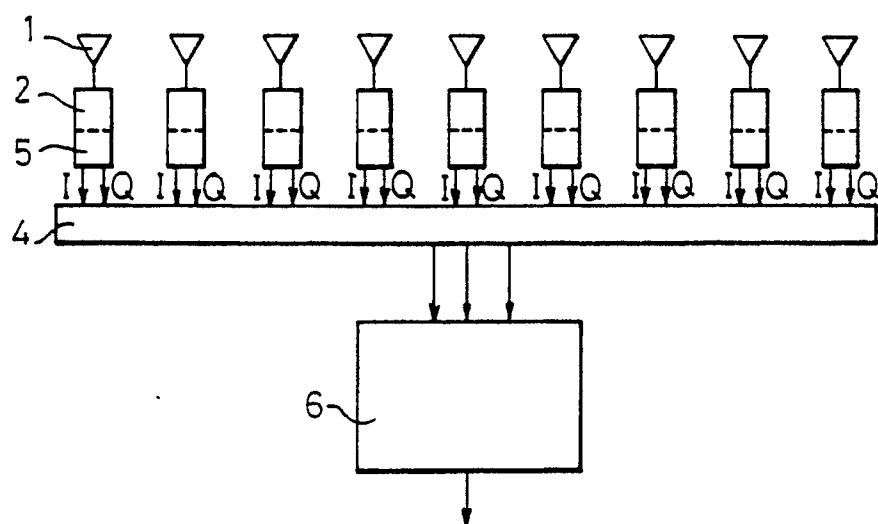


FIG. 2

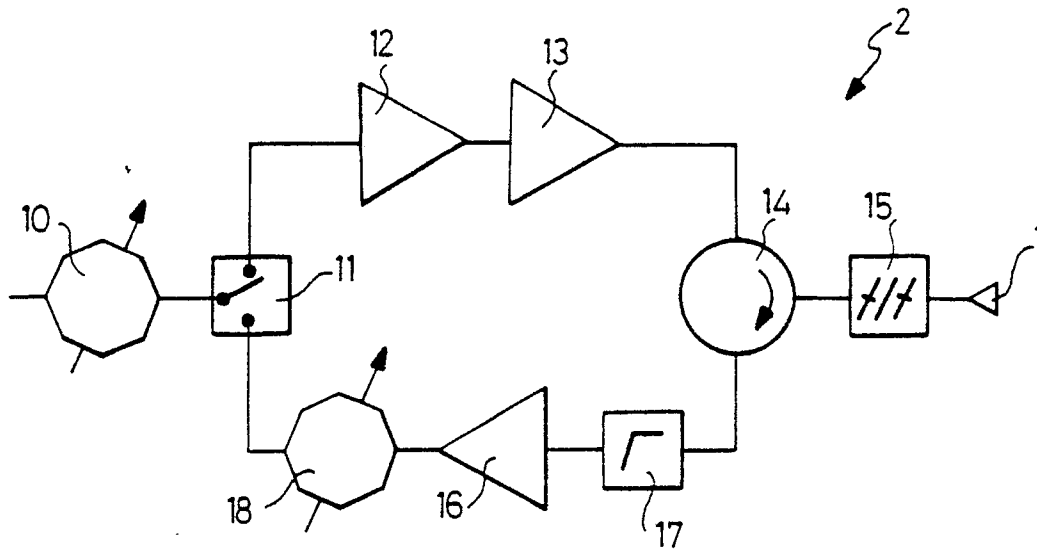


FIG. 3

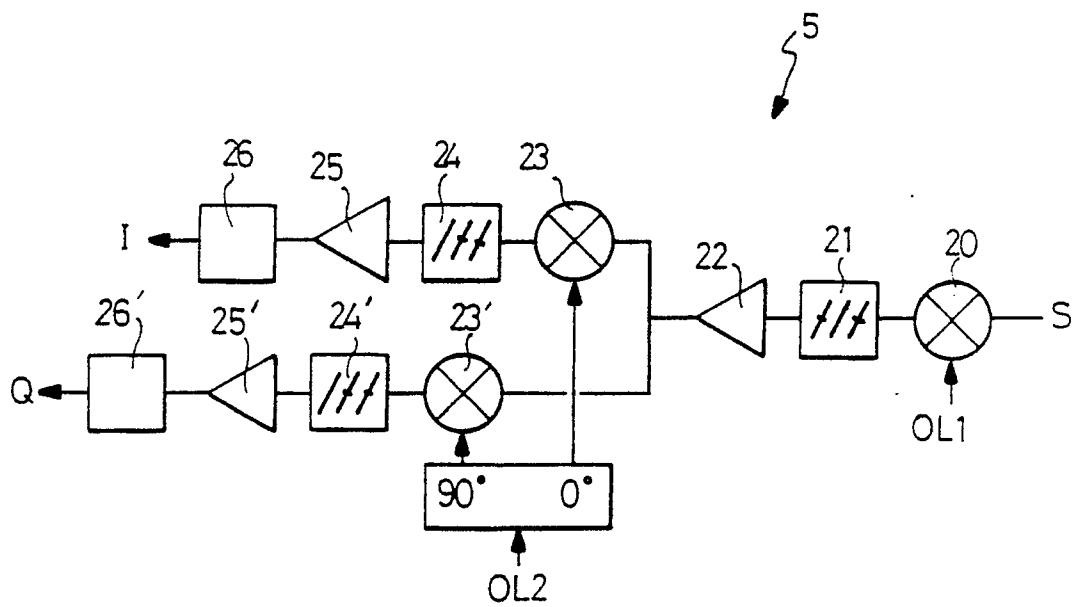


FIG. 4

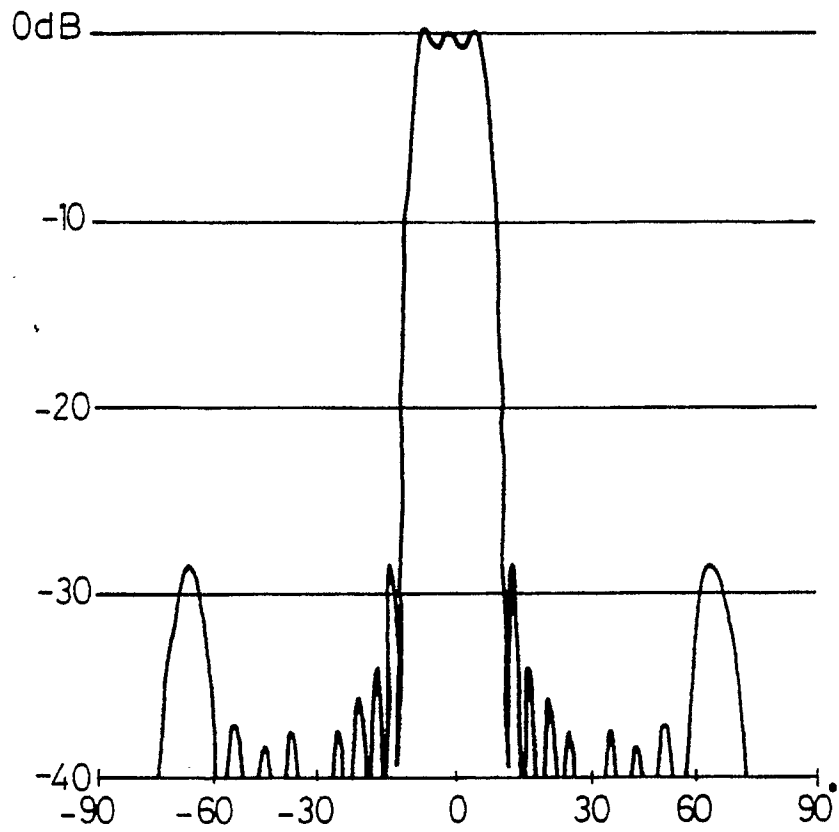


FIG. 5

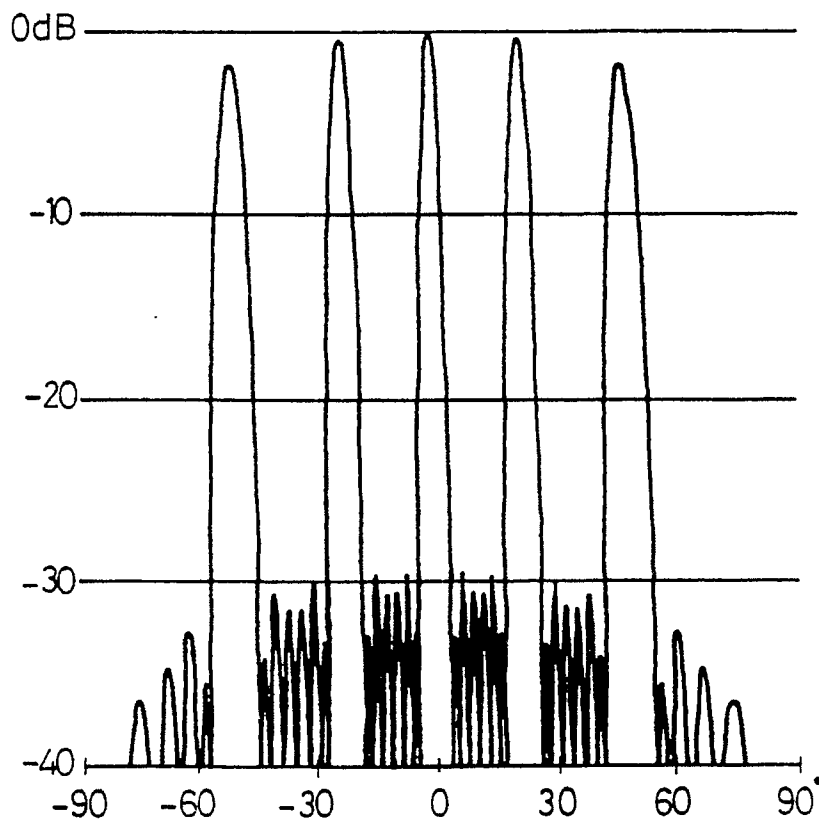
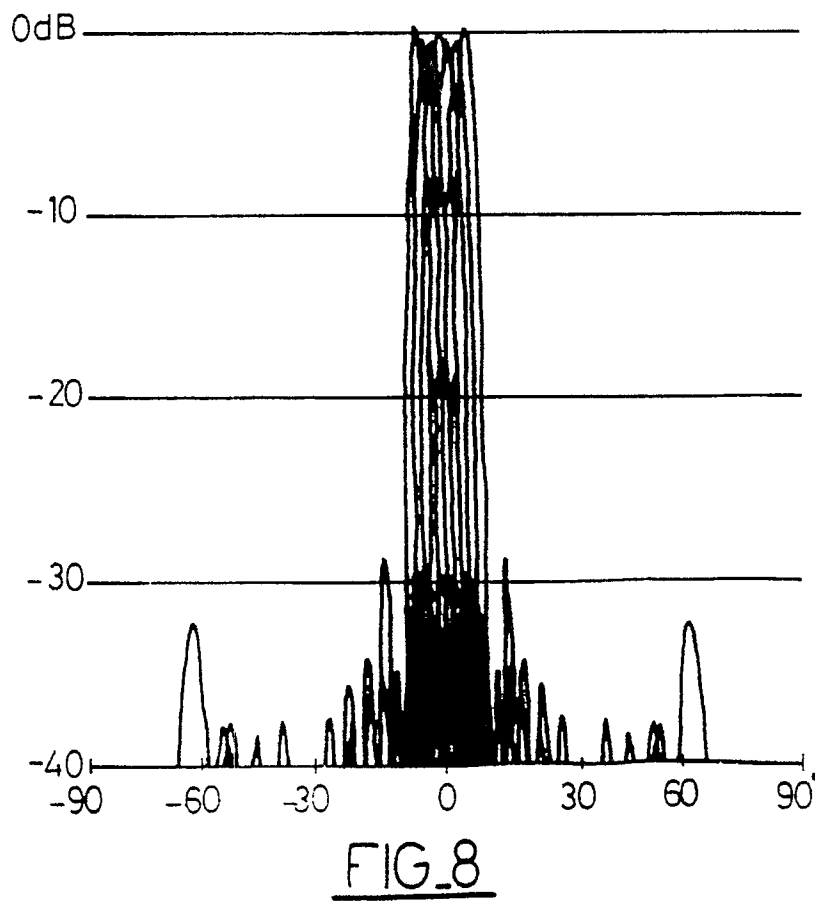
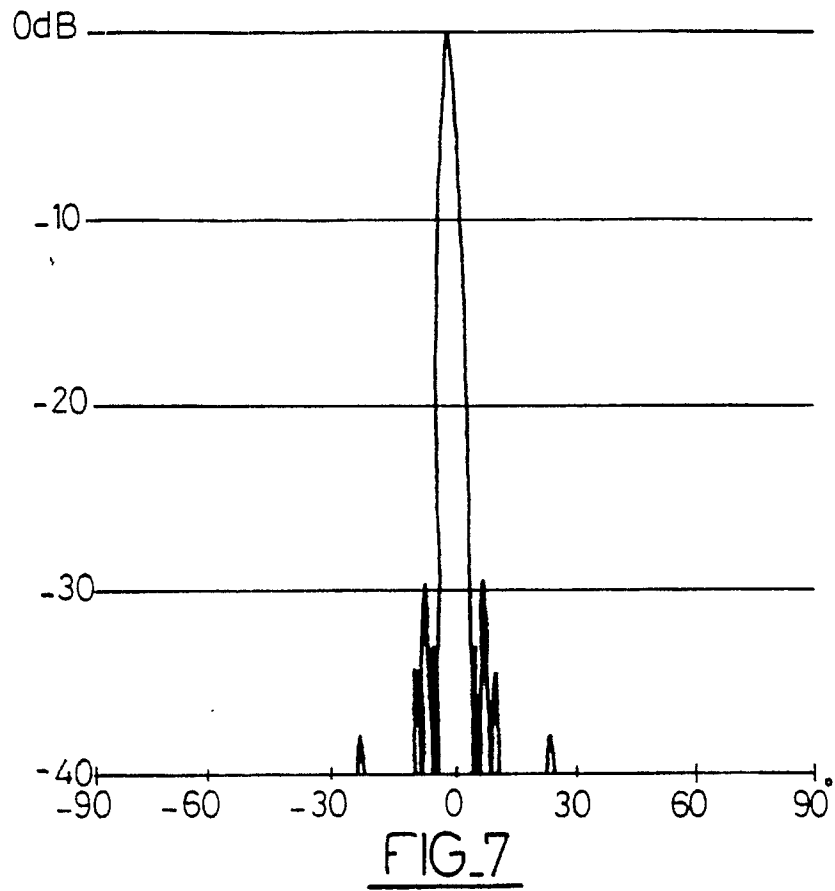


FIG. 6



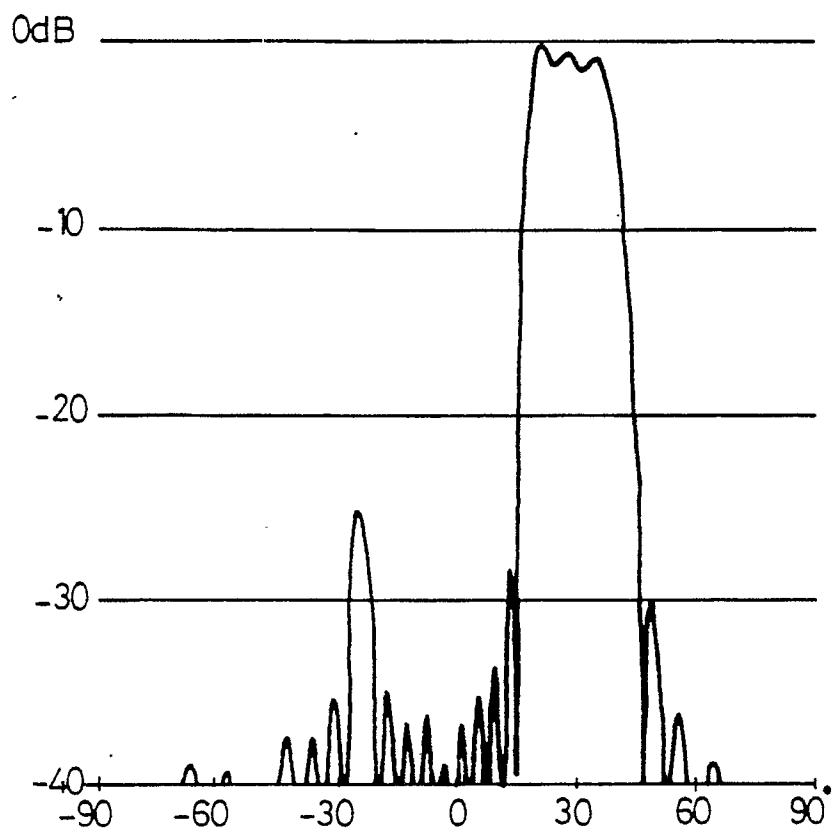


FIG. 9

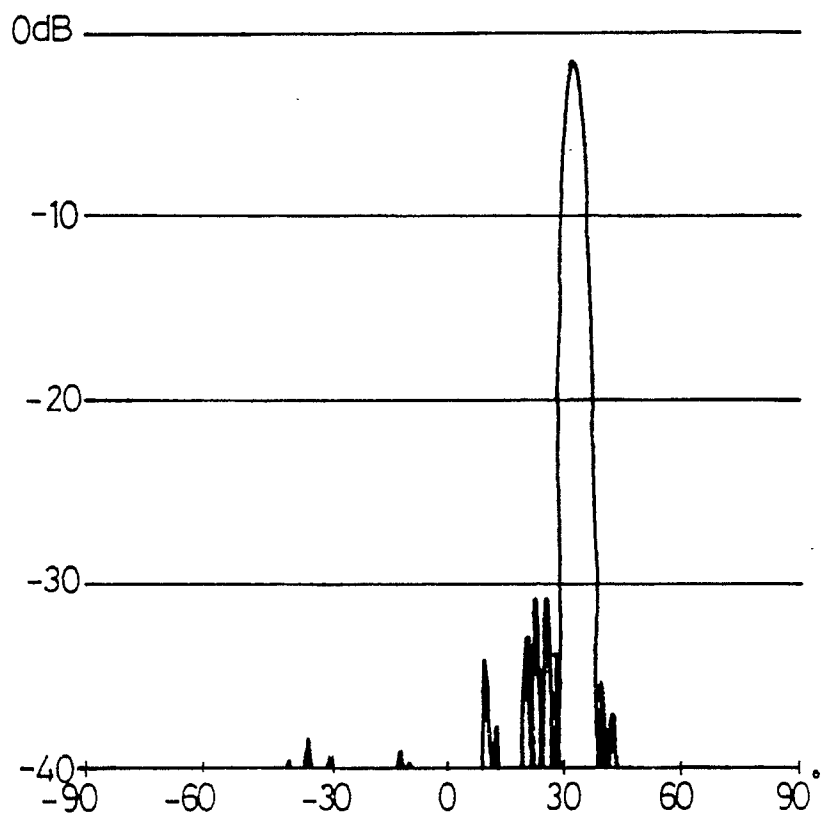


FIG. 10



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 90 40 1676

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)
Y	EP-A-0 257 964 (INTERNATIONAL STANDARD ELECTRIC) * Abrégé; figures 5-7 * ---	1	H 01 Q 25/00 H 01 Q 3/26 H 01 Q 21/00
Y	WISSENSCHAFTLICHE BERICHTE AEG-TELEFUNKEN, vol. 54, nos. 1,2, 1981, pages 25-43; D. BORGMANN: "Steuerung und Formung von Strahlungscharakteristiken mit Gruppenantennen" * Page 38, colonne de gauche, lignes 9-19; figure 23; pages 39-43, paragraphes 3.-3.3 * ---	1	
A	US-A-4 277 787 (KING) * Colonne 7, ligne 32 - colonne 8, ligne 40; figures 4,5 * ---	3	
A	US-A-4 216 475 (JOHNSON) * Abrégé; revendications * ---	3	
A	WO-A-8 808 623 (HUGHES AIRCRAFT) * Abrégé; page 4, ligne 7 - page 7, ligne 13; figure 1 * ---	1,2	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5) H 01 Q
A	MICROWAVE JOURNAL, vol. 30, no. 1, janvier 1987, pages 107-108,110,112,114,116,118,120,122,124; STEYSKAL: "Digital beamforming antennas" * Pages 116,118; figures 5,6 * -----	3-5	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 02-10-1990	Examineur ANGRABEIT F.F.K.
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	