

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: 83401063.9

51 Int. Cl.³: **H 01 Q 3/26**

22 Date de dépôt: 26.05.83

30 Priorité: 27.05.82 FR 8209257

71 Demandeur: **THOMSON-CSF, 173, Boulevard Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)**

43 Date de publication de la demande: 28.12.83
Bulletin 83/52

72 Inventeur: **Drabowitch, Serge, THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)**
Inventeur: **Aubry, Claude, THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)**
Inventeur: **Casseau, Daniel, THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)**

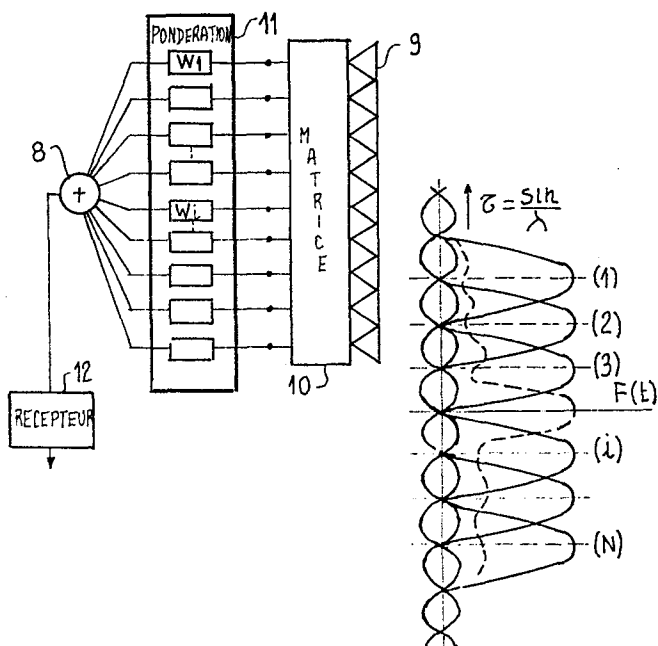
84 Etats contractants désignés: **DE GB IT NL**

74 Mandataire: **Benoît, Monique et al, THOMSON-CSF SCPI 173, Bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)**

54 **Procédé et dispositif de réduction de la puissance de signaux de brouillage reçus par les lobes latéraux d'une antenne radar.**

57 Le procédé de réduction de la puissance des signaux de brouillage reçus par les lobes latéraux d'une antenne radar ressortissant au procédé connu sous le nom d'opposition lobes secondaires (OLS) fait appel à des diagrammes de rayonnement auxiliaires tous directifs, avec un zéro dans la direction du rayonnement maximal de l'antenne principale, un centre de phase proche de celui du diagramme de l'antenne principale et un gain minimum dans les zones où le niveau des lobes latéraux de l'antenne principale est suffisamment bas pour éviter de capter des brouilleurs dans ces zones.

Application aux antennes multifaisceaux, ou à lentille aplanétique ou encore aux antennes réseau à alimentation en chandelier.



PROCEDE ET DISPOSITIF DE REDUCTION
DE LA PUISSANCE DE SIGNAUX DE BROUILLAGE
RECUS PAR LES LOBES LATERAUX D'UNE ANTENNE RADAR

La présente invention concerne la protection d'un système radar contre le brouillage. Elle a plus particulièrement pour objet un procédé et des dispositifs de réduction de la puissance des signaux de brouillage reçus par les lobes latéraux d'une antenne radar.

5 Ces signaux de brouillage sont en général des signaux de brouillage actif, naturels ou artificiels, continus ou découpés, émis quelquefois par plusieurs brouilleurs indépendants et qui se combinent aux bruits internes des récepteurs associés. En règle générale, ces signaux de brouillage sont reçus par les lobes secondaires
10 de l'antenne du radar avec un niveau tel qu'ils diminuent considérablement le rapport signal sur bruit et perturbent complètement le fonctionnement du radar.

Afin de diminuer les interférences ainsi produites sur les signaux utiles, on a développé des techniques connues sous le nom
15 d'opposition des lobes secondaires ou OLS ("Side Lobe Cancellation" dans la terminologie anglo-saxonne). Cette technique de contre-mesure est décrite schématiquement dans un article de MA. JOHNSON et D.C. STONER "ECCM From the radar designer's view point" paru dans la revue "Microwave Journal" de mars 1978, pages
20 59 et 60 (contre-mesures électroniques contre le brouillage du point de vue du concepteur radar). Suivant cette technique, on s'efforce d'adapter les caractéristiques du rayonnement d'une antenne de réception au milieu environnant, de façon à maximiser le rapport du signal utile au total des signaux parasites. Cette adaptation s'obtient
25 en utilisant des antennes auxiliaires, avec leurs voies de réception, dont on combine les diagrammes avec celui de l'antenne principale considérée de façon à obtenir un diagramme global possédant des zéros, ou tout au moins des minima, dans les directions des

brouilleurs externes tout en évitant de trop amplifier les bruits internes des récepteurs associés aux antennes auxiliaires.

La figure 1 rappelle le schéma classique d'un système OLS multi brouilleur, comportant un certain nombre de boucles de décor-
5 rélation.

Un système OLS classique est un système "bouclé" comportant principalement une antenne principale 1 et des antennes auxiliaires 2,3 associées chacune à une voie de réception 200, 300. Chacune de ces voies de réception comprend une boucle constituée par un
10 amplificateur 4, 40, un intégrateur 5, 50, un corrélateur 6, 60 et un mélangeur de commande 7, 70. Dans un tel système OLS de l'art antérieur, chaque signal b , b' reçu par une antenne auxiliaire est retranché dans un circuit 8 au signal b_0 reçu par l'antenne principale, après que chaque signal auxiliaire (b , b') ait été multiplié par
15 un coefficient de pondération (W , W') asservi à la corrélation existant entre le signal auxiliaire et le signal exploité. Le signal exploité prend la forme $b_0 - bW - b'W'$. On montre que le bruit total est alors minimum. On réalise ainsi l'adaptation au milieu mentionnée plus haut.

20 On connaît également des systèmes non bouclés, dans lesquels les coefficients de pondération optimaux W sont déterminés par un calcul qui revient à inverser la matrice de covariance des signaux reçus par l'antenne principale et les signaux auxiliaires.

Cependant, quel que soit l'algorithme utilisé, on peut montrer
25 que le choix des antennes auxiliaires n'est pas indifférent à la rapidité de convergence du processus, au facteur d'amélioration final, au rapport signal sur brouilleur, à la largeur de bande du système et à la vulnérabilité du système à des brouilleurs additionnels.

30 Généralement, les antennes auxiliaires associées aux systèmes OLS connus sont peu directives et placées souvent sur le pourtour de l'antenne principale. Une telle configuration présente certains inconvénients :

- Etant peu directive, parfois presque omnidirectionnelle, une

antenne auxiliaire peut englober dans son diagramme plusieurs brouilleurs, entraînant une diminution de l'efficacité et de la rapidité de convergence des boucles de pondération.

5 - Le gain d'une telle antenne auxiliaire est faible ; par suite, le coefficient de pondération à attribuer au signal qu'elle délivre est relativement élevé, ce qui risque de ramener dans la voie principale une fraction d'autant plus importante du bruit thermique du récepteur associé et de diminuer le facteur d'amélioration final du rapport signal sur brouilleur. On rappelle que le facteur d'amélioration est le rapport du rapport signal sur bruit en l'absence au rapport en présence du procédé de réduction de la puissance du bruit utilisé, c'est-à-dire en fait le quotient du rapport signal sur bruit avant et après l'opération de réduction de la puissance de bruit envisagée.

15 - Le diagramme auxiliaire est large et recueille donc des échos parasites, appelés aussi clutter, ce qui diminue l'efficacité du système.

20 - Le centre de phase d'une antenne auxiliaire est généralement éloigné de celui de l'antenne principale et le coefficient de pondération W associé est très sensible à la fréquence. Dans le cas d'un radar à fréquence aléatoire par exemple, ce coefficient devra varier très rapidement, empêchant ainsi le système d'être à très large bande.

25 - Le diagramme global, résultant de la combinaison du diagramme de l'antenne principale et des diagrammes des antennes auxiliaires qui sont peu directifs, présente des lobes latéraux perturbés par le fait que les lobes des antennes auxiliaires captent des brouilleurs qui ne gênaient pas l'antenne principale seule.

30 - On peut montrer qu'il existe des combinaisons entre directions de brouilleurs et antennes auxiliaires non directives qui ne convergent vers aucune solution. L'ensemble des sources auxiliaires quasi-ponctuelles avec leurs coefficients de pondération présente un diagramme à caractère angulairement périodique, alors que les lobes latéraux de l'antenne principale ne le sont pas. Comme le système

OLS revient à opposer les uns aux autres, cette opposition, si elle est réalisée dans une direction, a peu de chance de l'être dans les directions séparées par une ou plusieurs périodes angulaires.

5 L'objet de l'invention est à la fois un procédé et un dispositif de réduction de la puissance des signaux de brouillage reçus par les lobes latéraux d'une antenne radar qui pallient les inconvénients rappelés ci-dessus.

10 Suivant l'invention, le procédé de réduction de la puissance de signaux de brouillage susceptibles d'être reçus par les lobes latéraux d'une antenne radar est caractérisé par le fait que les diagrammes auxiliaires sont directifs, présentent un zéro dans la direction du rayonnement maximal du diagramme principal, ont un centre de phase proche de celui du diagramme principal et présentent un gain minimum dans les zones où le niveau des lobes latéraux du diagramme principal est suffisamment bas pour éviter de capter les brouilleurs dans ces zones.

20 Suivant un mode de réalisation de l'invention, on dispose en outre des limiteurs dans différentes boucles de corrélation, augmentant la vitesse de convergence des dites boucles. Le rôle du limiteur est de réduire l'étalement du spectre des valeurs propres de la matrice de covariance. Si b_i sont les signaux des diverses voies auxiliaires ($i = 1, 2 \dots$), la matrice de covariance est celle dont le terme général est le coefficient de corrélation entre les signaux des voies auxiliaires repérées i et K soit $R_{ik} = \text{valeur moyenne de } (b_i b_k^*)$. Dans ces conditions, la vitesse de convergence des boucles de corrélation dites également d'optimisation, est augmentée.

25 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description qui va suivre donnée à l'aide des figures qui représentent, outre la figure 1 relative à l'art antérieur :

- 30
- La figure 2a, un réseau linéaire avec son illumination ;
 - La figure 2b, le diagramme typique du réseau de la figure 2a ;
 - La figure 3, l'échantillonnage du diagramme ;
 - La figure 4a, une antenne multifaisceau de façon schéma-

tique ;

- La figure 4b, les diagrammes d'échantillonnage de l'antenne de la figure 4a ;

5 - La figure 5, une antenne multifaisceau, variante de celle de la figure 4a ;

- La figure 6, une antenne réseau alimentée par une lentille ;

- La figure 7, une source primaire complexe alimentant une antenne multifaisceau ;

10 - La figure 8, une antenne multifaisceau avec alimentation en chandelier ;

- La figure 9, les lois d'illumination correspondant aux diagrammes de l'antenne de la figure 8 ;

- La figure 10, le diagramme de la voie somme (S) ;

- La figure 11, le diagramme de la voie différence (D) ;

15 - La figure 12, le diagramme de la voie écart (E) ;

- La figure 13, le diagramme de la voie double différence (D'),

et

- La figure 14, le dispositif suivant l'invention avec des limiteurs.

20 Sur ces différentes figures, les mêmes références se rapportent aux mêmes éléments.

Dans la partie introductive à la présente demande, on a montré que les inconvénients des systèmes OLS auxquels on veut remédier proviennent de la faible directivité des antennes auxiliaires que l'on combine à l'antenne principale du radar, dans le but d'obtenir une réduction de la puissance des signaux de brouillage reçus par les lobes latéraux de l'antenne principale.

25 Suivant l'invention, les conditions auxquelles doivent répondre les diagrammes des antennes auxiliaires pour que, de leur combinaison avec le diagramme principal, on obtienne la réduction de puissance des signaux de brouillage sans subir les inconvénients signalés, sont donc les suivantes :

30 - Les antennes auxiliaires doivent être très directives. Ainsi, chaque diagramme d'antenne auxiliaire ne capte, en règle générale,

qu'un seul brouilleur dans son lobe principal. Un ensemble d'antennes
auxiliaires à grande directivité exécute ainsi un préfiltrage spatial.
Cette grande directivité entraîne généralement un gain important
pour l'antenne auxiliaire : le coefficient de pondération à utiliser est
5 de la sorte faible et le rapport du bruit du récepteur de l'antenne
auxiliaire au bruit total est faible, donnant ainsi un bon facteur
d'amélioration.

- Le diagramme auxiliaire présente un zéro dans la direction
de rayonnement maximal de l'antenne principale, ou tout au moins
10 un gain minimum dans cette direction ; cela évite de recueillir le
clutter ; le diagramme principal n'est pas perturbé et le gain dans
les autres zones utiles est renforcé.

- Le centre de phase des diagrammes auxiliaires est proche de
celui du diagramme principal ; cela est favorable à une optimisation
15 à large bande.

- Les diagrammes auxiliaires présentent de plus, un gain
minimum dans les zones où le niveau des lobes latéraux de l'antenne
principale seule est suffisamment bas ; cela évite d'y capter des
brouilleurs.

20 Il en résulte que, suivant l'invention, les antennes principales
et auxiliaires doivent présenter des diagrammes tels que l'ensemble
des antennes constitue une sorte de filtre spatial de l'environnement
de l'antenne.

Suivant une première variante de l'invention, on peut définir
25 une structure d'antenne dont les diagrammes auxiliaires optimisés
présentent les caractéristiques qui ont été données. De tels dia-
grammes sont des diagrammes dits d'échantillonnage, réalisés à
partir d'un réseau linéaire.

La figure 2a présente de façon schématique un réseau linéaire
30 9 de longueur L, repéré par une abscisse x et qui est le siège d'une
illumination IL, définie par la fonction complexe scalaire $f(x)$
bornée au domaine $(-\frac{L}{2}, +\frac{L}{2})$. Ce réseau rayonne, dans une
direction Θ repérée par rapport à la normale N au réseau 9, un
diagramme $F(\tau)$ bien représenté, sur la figure 2b, par la trans-

formée de Fourier de $f(x)$, soit

$$F(\tau) = \int_{-L/2}^{+L/2} f(x) \cdot e^{i 2 \pi x \tau} dx,$$

avec : $\tau = \frac{\sin \Theta}{\lambda}$, λ étant la longueur d'onde.

5 Ce diagramme possédant un spectre à support borné, on sait d'après le théorème de l'échantillonnage qu'il peut être représenté, comme illustré sur la figure 3, comme une combinaison linéaire de diagrammes élémentaires d'échantillonnage sous la forme

$$F(\tau) = \sum_k a_k \frac{\sin(\frac{\pi L \tau - k\pi}{\pi L \tau - k\pi})}{\pi L \tau - k\pi}$$

10 Chaque diagramme d'échantillonnage possède les caractéristiques qui sont celles requises suivant l'invention pour un diagramme auxiliaire.

On notera que, si la structure de l'antenne est telle que chaque diagramme d'échantillonnage (en nombre N) fait l'objet d'une entrée séparée, comme c'est le cas par exemple d'un réseau excité par une
15 matrice de Butler ou une matrice équivalente, il est possible de contrôler les coefficients a_k de façon à annuler le diagramme résultant dans les N directions de brouilleurs, en effectuant comme cela a été rappelé la somme des signaux reçus par les antennes élémentaires constituant le réseau, pondérés par des coefficients
20 asservis à la condition de maximalisation du rapport signal sur bruit total.

Des diagrammes élémentaires répondant aux caractéristiques énoncées sont ainsi obtenus avec une antenne multifaisceau dont les diagrammes élémentaires sont des diagrammes directifs, adjacents,
25 de préférence orthogonaux, couvrant le domaine angulaire à protéger contre les brouilleurs.

Une telle antenne multifaisceau est représentée figure 4a de façon très schématique.

On y reconnaît le réseau linéaire 9 d'antennes élémentaires

alimenté par une matrice 10, pouvant être une matrice de Buttler ou de Maxson. Les voies d'alimentation comportent toutes un dispositif de pondération 11, affectant au signal qui les parcourt un coefficient de pondération (W_i) déterminé de façon connue ; ces voies
5 sont connectées à un dispositif de sommation 8, recevant également la voie principale et alimentant un récepteur 12 qui délivre le signal débarrassé des brouilleurs, ou du moins un signal dans lequel l'effet du brouillage est fortement atténué.

La figure 4b montre les diagrammes des différentes antennes
10 élémentaires 1 à N qui jouent le rôle des diagrammes d'échantillonnage définis plus haut.

La figure 5 représente de façon schématique une antenne multifaisceau dont les diagrammes élémentaires répondent aux caractéristiques qui ont été définies précédemment et qui est
15 utilisée avantageusement pour réduire la puissance des brouilleurs captés par l'antenne.

L'antenne réseau 9 est alimentée par un diviseur de puissance 13 à travers des déphaseurs 14, créant la voie principale. Les voies auxiliaires sont créées à partir de coupleurs 15, placés devant les
20 déphaseurs 14, qui dérivent une partie de l'énergie incidente vers une matrice de Buttler 10 dont les autres bornes sont connectées à des pondérateurs 11 connectés à un sommateur 8 recevant la voie principale VP. Le sommateur est connecté à un récepteur 12.

D'autres antennes réseau répondent également au problème et
25 l'on peut citer entre autres une antenne réseau alimentée par une lentille, de préférence aplanétique. Dans une antenne de ce type, représentée schématiquement figure 6, les sources primaires 17 éclairant la lentille 16 engendrent, dans un domaine entourant la voie principale 18, les diagrammes directifs auxiliaires 19 recherchés. L'addition pondérée, en phase et en amplitude, des signaux
30 reçus par le diagramme auxiliaire 19, captant un brouilleur B, aux signaux reçus par le diagramme principal 18 permet d'obtenir des signaux résultants dans lesquels le brouilleur est atténué.

On peut également utiliser, dans un même domaine d'antennes,

une antenne réseau réflecteur alimentée par un réseau de sources primaires. Dans ce cas, tout comme d'ailleurs dans le précédent, la source primaire peut-être complexe et présenter une implantation particulière. La figure 7 représente une telle source primaire qui autorise une meilleure exploitation de l'antenne dans le cadre de l'invention. Effectivement les deux systèmes d'antenne décrits ci-dessus sont particulièrement efficaces contre des brouilleurs multiples situés dans des directions pas trop éloignées de celle du lobe principal, éloignement que l'on peut mesurer en quelques largeurs à 3 dB. Si ces brouilleurs se répartissent dans un plan "horizontal" autour du lobe utile, ce qui est fréquent dans le cas de brouilleurs puissants éloignés, les sources sont réparties comme montré figure 7. La source principale SP monopulse donnant le lobe principal est placée au centre d'un système d'axes OX, OY et les sources auxiliaires Si ($i = 1$ à 6) sont réparties tout autour, pouvant créer des diagrammes conformément à l'invention mais non identiques les uns aux autres suivant la répartition la plus probable des brouilleurs.

D'autres types d'antenne réseau peuvent également être utilisés, conformément à l'invention, pour réduire la puissance des brouilleurs. Ce sont les antennes réseau alimentées par un diviseur en chandelier, ou en espalier, c'est-à-dire un circuit distributeur à divisions successives, réalisé avec des technologies diverses comme des guides d'onde coaxiaux, triplaques, circuits imprimés... La voie principale est constituée par l'entrée d'excitation principale, ou entrée de la voie somme "S" qui produit une illumination symétrique, équiphase, atténuée sur les bords en forme de cloche. Cependant, la voie principale, par suite d'un contrôle imparfait, le long du réseau, de la phase et de l'amplitude dans la bande de fréquences à couvrir, est accompagnée de lobes latéraux diffus susceptibles de recueillir des signaux parasites dus à des brouilleurs extérieurs. Pour obtenir des diagrammes auxiliaires répondant aux conditions mentionnées au début de la description, on remplace les coupleurs élémentaires existant normalement dans le diviseur en chandelier par des coupleurs directifs ou du type Té magique ou du type anneau hybride.

Tous les coupleurs élémentaires ne sont pas systématiquement remplacés mais un certain nombre d'entre eux.

A titre d'exemple la figure 8 représente, sous une forme très schématique, le réseau linéaire 9 de longueur L alimenté par un chandelier de sorte que l'on y peut distinguer quatre sous-réseaux 20, 21, 22, 23 répartis symétriquement et alimentés avec la même puissance et de façon équiphase par des coupleurs 25, 26, 27 et 28, par exemple des T magiques. On y peut alors définir un certain nombre de diagrammes. Le coupleur central 25 détermine une voie somme S donnant le diagramme principal et une voie différence D donnant un diagramme différence pour constituer un diagramme auxiliaire au sens de l'invention.

Les coupleurs 26 et 27 comportent chacun une voie différence qui sont associées par des lignes de même longueur à un coupleur 28, Té magique ou anneau hybride, qui, élaborant la somme et la différence des signaux qu'il reçoit, définit deux autres diagrammes auxiliaires, correspondant à ce qui a été appelé, dans une publication antérieure de la demanderesse, la voie écart (E) et la voie double différence (D'). Si l'on représente par a, b, c, et d respectivement les amplitudes des signaux créés par les réseaux 20-23, la voie écart E est caractérisée par un diagramme $((a-b) + (c-d))$ et la voie double différence D' par $((a-b) - (c-d))$.

La figure 9 représente les lois d'illumination des différentes voies qui ont été définies à partir de l'antenne réseau de la figure 8.

Les figures 10 à 13 représentent les diagrammes, en décibels en fonction de l'angle Θ en degré, des différentes voies principale et auxiliaires (S, D, E et D' respectivement) sur lesquelles on peut observer un certain nombre de propriétés qui sont celles définies au début de la présente description :

1. Les diagrammes auxiliaires possèdent un zéro dans l'axe.
2. Le diagramme auxiliaire différence D, possède un gain relativement élevé vis-à-vis des lobes latéraux de la voie somme S, même pour les lobes éloignés de l'axe.
3. Les centres de phase des illuminations auxiliaires coïncident

avec celui de la voie principale S.

4. Les diagrammes auxiliaires écart (E) et double différence (D') possèdent des zéros alternés ; ainsi, si un brouilleur tombe dans un zéro d'un diagramme auxiliaire, il est reçu par l'autre diagramme, réalisant une ébauche de préfiltrage spatial.

On a indiqué au début de la présente description qu'il y avait une relation entre l'étalement du spectre de la matrice de covariance et les performances du procédé considéré de réduction de la puissance des signaux de brouillage reçus par les lobes latéraux de l'antenne du radar. En fait, si l'on veut que le système soit efficace sur toute la dynamique des valeurs propres, ou sur toute la dynamique de brouillage dans le cas où la matrice est diagonale, le temps d'adaptation est proportionnel à cette dynamique.

Si l'on suppose que chaque brouilleur n'est capté que par une seule antenne auxiliaire et que de plus les niveaux de brouillage reçus sur les voies auxiliaires sont tous égaux, les boucles de corrélation sont parfaitement découplées et la matrice de covariance fonctionne en parallèle et de façon identique. Cette situation toutefois est celle relativement sans problème d'un système OLS monobrouilleur. Si les diagrammes auxiliaires sont suffisamment directifs et donc chaque diagramme ne capte qu'un seul brouilleur, les autres brouilleurs étant reçus par des lobes latéraux du diagramme considéré, il en résulte que le plus souvent la matrice de covariance est à dominante diagonale. Le découplage partiel ainsi obtenu pour les boucles de corrélation peut-être exploité pour améliorer les performances dynamiques du système. Pour ce faire, suivant l'invention, on insère un limiteur entre chaque antenne auxiliaire et le mélangeur de corrélation associé.

La figure 14 représente de façon schématique le dispositif ainsi réalisé. L'antenne réseau 9 détermine la voie principale VP et les voies auxiliaires 200, 300, 400... qui sont toutes connectées au circuit de sommation 8. Dans la boucle de corrélation représentée figure 14 est inséré un limiteur 29 avant le corrélateur 6, à travers lequel passe le signal b_1 issu de l'antenne auxiliaire. Ceci est réalisé

pour chaque boucle de corrélation.

5 Dans le cas d'antennes auxiliaires à faible directivité, voire omnidirectionnelles, toutes les valeurs propres de la matrice sont multipliées par une même constante. Il en résulte que la dynamique des valeurs propres est inchangée et l'on ne gagne rien du point de vue rapidité de convergence. Par contre, dans le cas d'antennes auxiliaires directives, on gagne approximativement dans un rapport de 2 sur l'étalement du spectre exprimé en décibels. Il en résulte une nette amélioration de la rapidité de convergence du système.

10 On a ainsi décrit un procédé et des dispositifs mettant en oeuvre ce procédé, pour réduire la puissance des signaux de brouillage reçus par les lobes latéraux d'une antenne radar.

REVENDICATIONS

5 1. Procédé de réduction de la puissance de signaux de brouil-
lage susceptibles d'être reçus par les lobes latéraux d'une antenne
radar, suivant lequel on combine le diagramme de rayonnement de
cette antenne, dit diagramme principal, avec des diagrammes de
rayonnement auxiliaires qui lui sont associés dans le but d'obtenir un
diagramme global possédant des minima dans les directions des
brouilleurs, le procédé étant caractérisé par le fait que les dia-
grammes auxiliaires (1-N) sont directifs, présentent un zéro dans la
direction du rayonnement maximal du diagramme principal, ont un
10 centre de phase proche de celui du diagramme principal et pré-
sentent un gain minimum dans les zones où le niveau des lobes
latéraux du diagramme principal est suffisamment bas pour éviter
de capter les brouilleurs dans ces zones.

15 2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait
que les signaux provenant des diagrammes auxiliaires sont soumis à
une pondération avant d'être additionnés aux signaux du diagramme
principal, les signaux des diagrammes auxiliaires subissent en outre
une limitation de leur amplitude lors du calcul de la pondération.

20 3. Dispositif de réduction de la puissance de signaux de brouil-
lage reçus par les lobes latéraux d'une antenne radar, caractérisé
par le fait qu'il met en oeuvre le procédé selon l'une des revendi-
cations précédentes.

25 4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé par le fait
que les diagrammes auxiliaires sont créés par une antenne multi-
faisceau dont les faisceaux sont directifs, adjacents, orthogonaux et
disposés de façon à couvrir le domaine angulaire à protéger contre
les brouilleurs, la dite antenne étant constituée par un réseau
linéaire (9) d'antennes élémentaires alimentées par une matrice (10)
de Butler ou de Maxson et comportant en outre un dispositif de

pondération (11).

5 5. Dispositif suivant la revendication 4 mettant en oeuvre le procédé suivant la revendication 2, caractérisé par le fait qu'il comporte des limiteurs (Li), insérés dans chaque voie auxiliaire entre le dispositif de pondération (11) et l'élément rayonnant le diagramme auxiliaire correspondant.

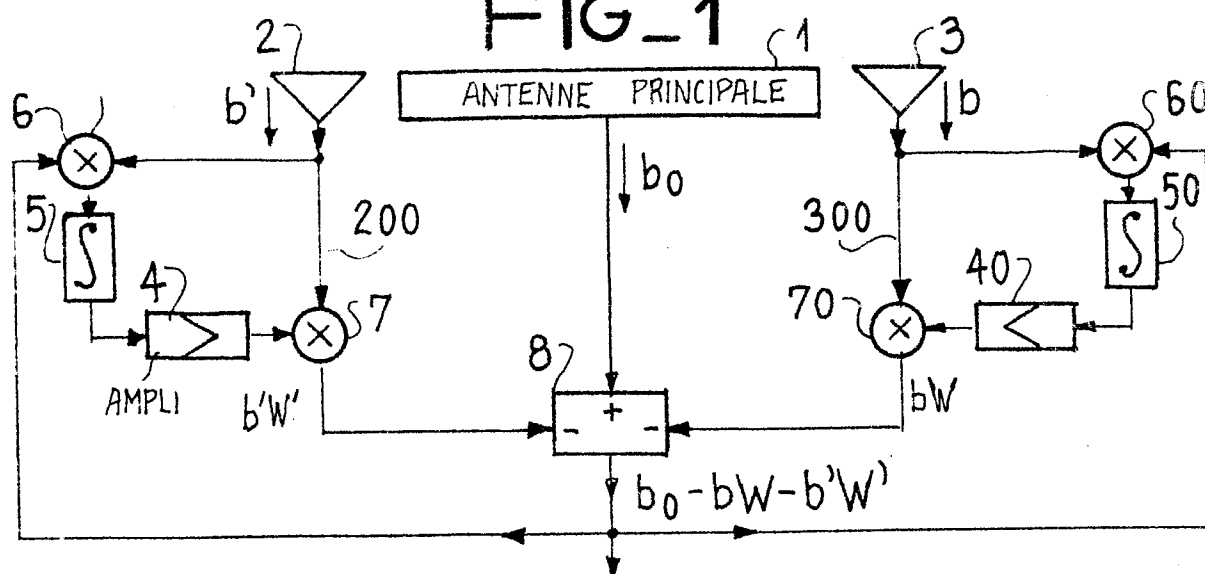
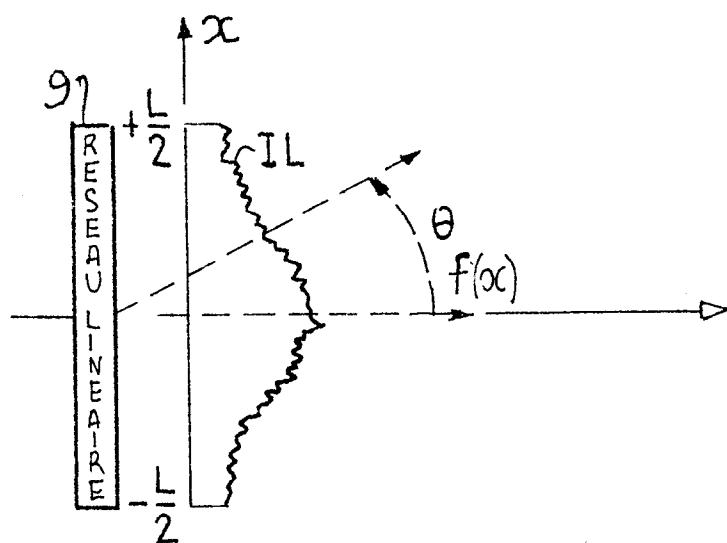
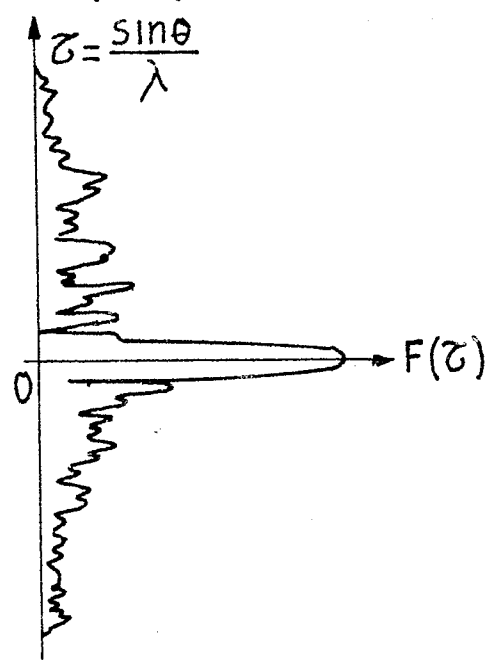
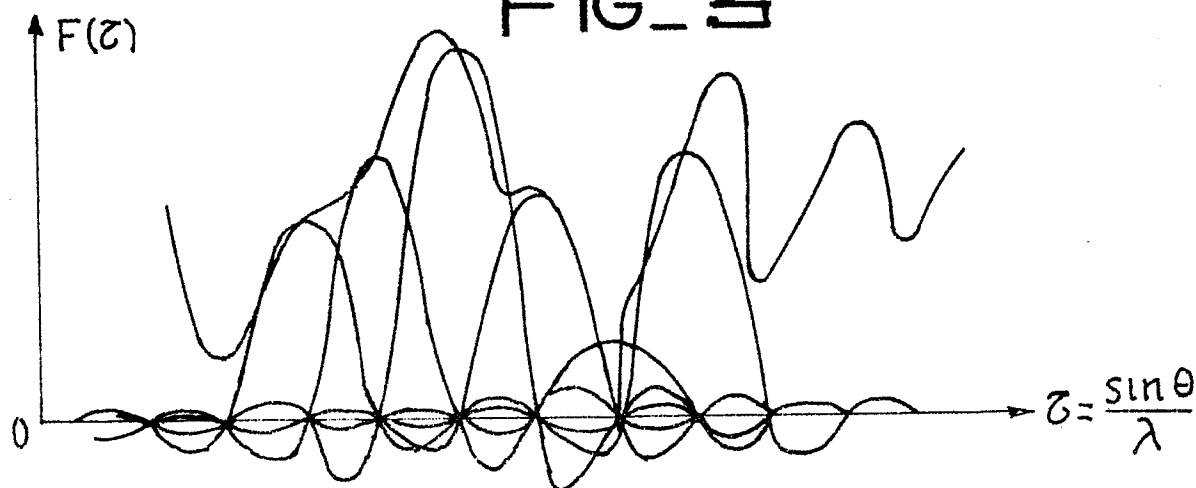
10 6. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé par le fait que les diagrammes auxiliaires sont créés par une antenne réseau (Fig. 6) alimentée par une lentille aplanétique (16) illuminée par des sources primaires (17).

7. Dispositif suivant l'une des revendications 3 ou 5, caractérisé par le fait que les diagrammes auxiliaires sont créés par une antenne réseau réflecteur, alimentée par un réseau de sources primaires (Fig 7).

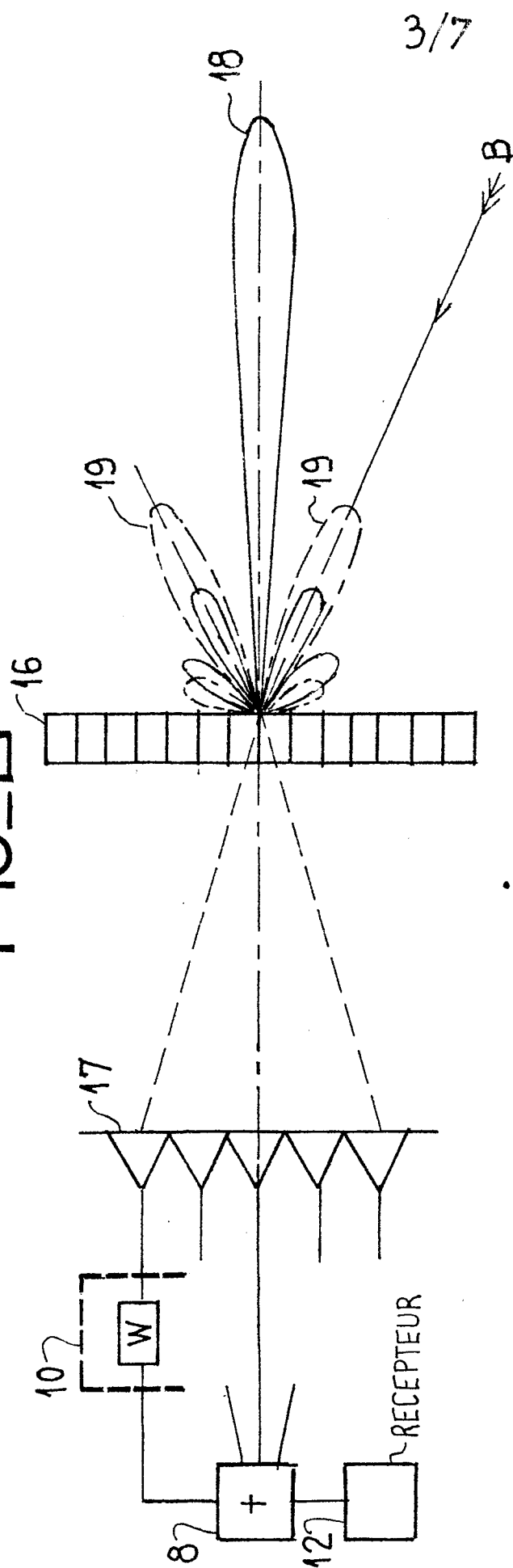
15 8. Dispositif suivant la revendication 6, caractérisé par le fait que le réseau de sources primaires (Fig. 7) comprend une source principale (SP) du type monopulse entourée de sources auxiliaires (Si_1 à Si_6) créant des diagrammes directifs auxiliaires distincts, suivant la répartition la plus probable des brouilleurs .

20 9. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé par le fait que les diagrammes auxiliaires sont créés par des antennes réseau alimentées par un diviseur en chandelier (Fig. 8) dans lequel les coupleurs (25 à 28) sont des coupleurs directifs ou du type Té magique ou du type anneau hybride.

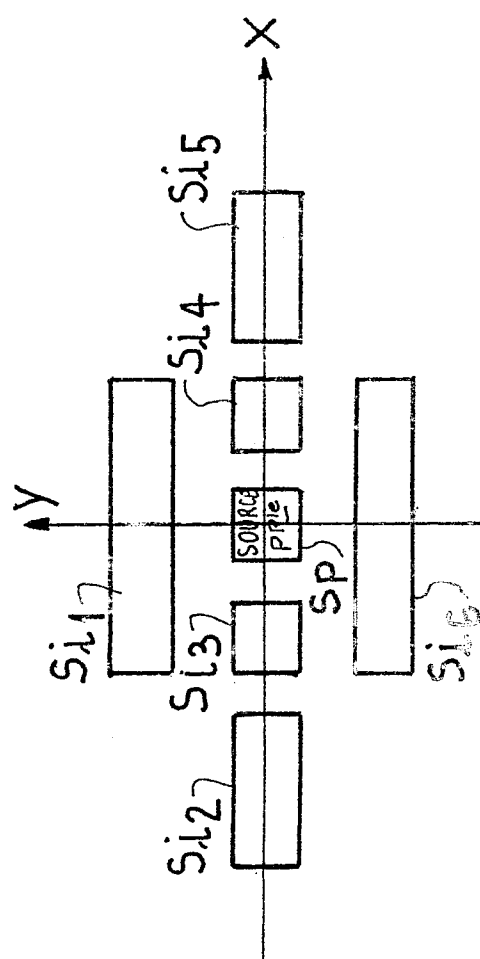
25 10. Dispositif suivant la revendication 8, caractérisé par le fait que le diagramme principal de l'antenne est celui créé par la voie somme et les diagrammes auxiliaires sont ceux créés respectivement par la voie différence (D), la voie écart (E) et la voie double différence (D').

1/7
FIG_1**FIG_2-a****FIG_2-b****FIG_3**

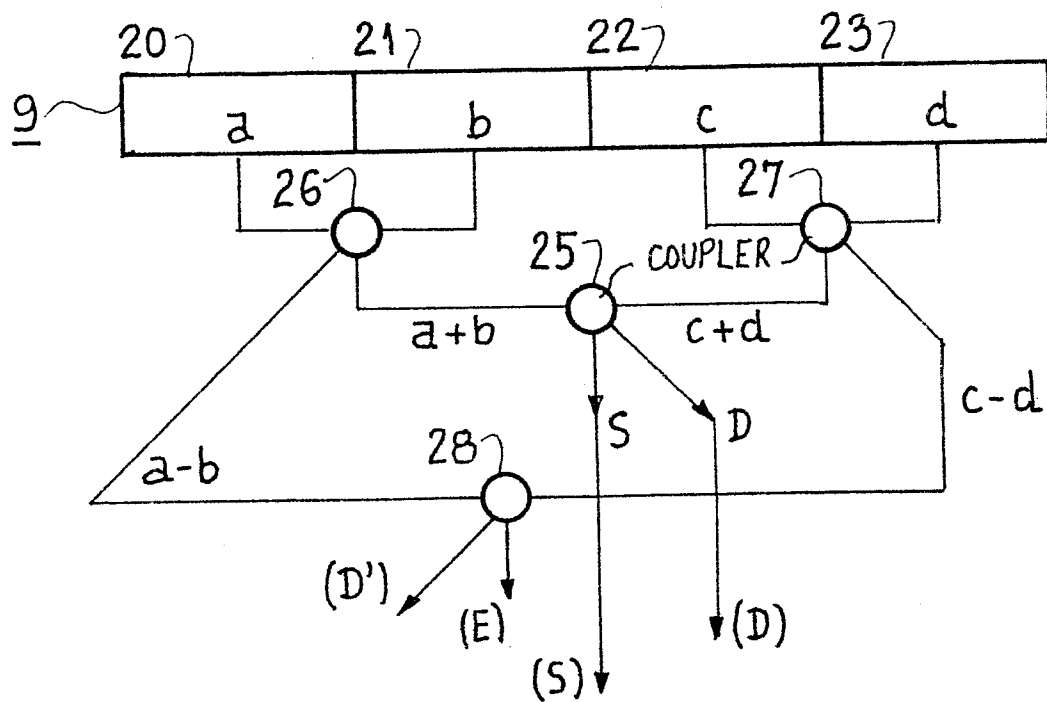
FIG_6



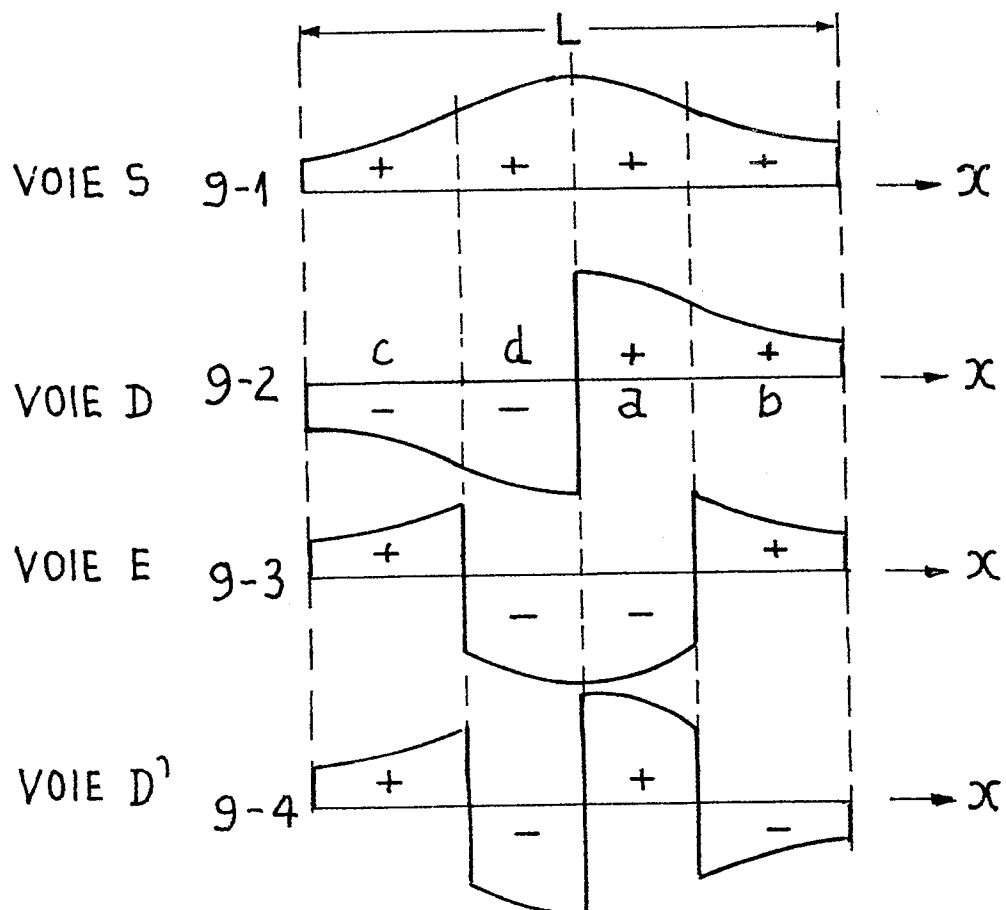
FIG_7



4/7
FIG_8

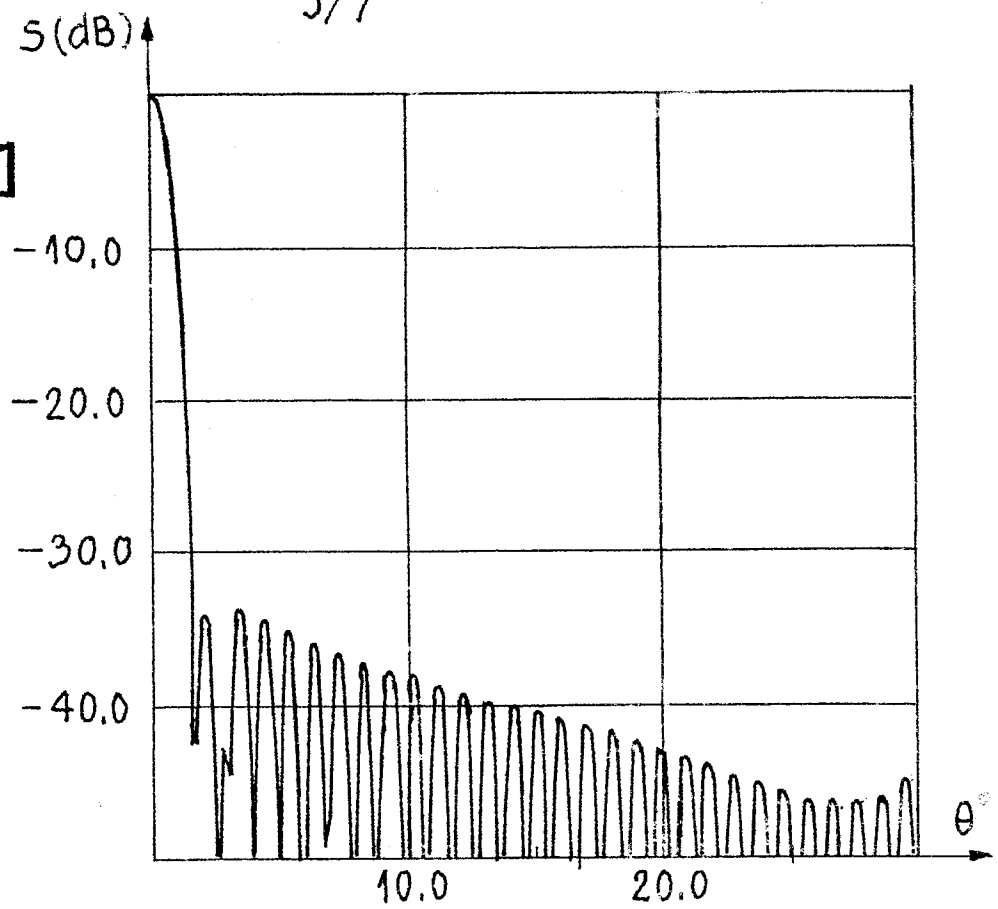


FIG_9

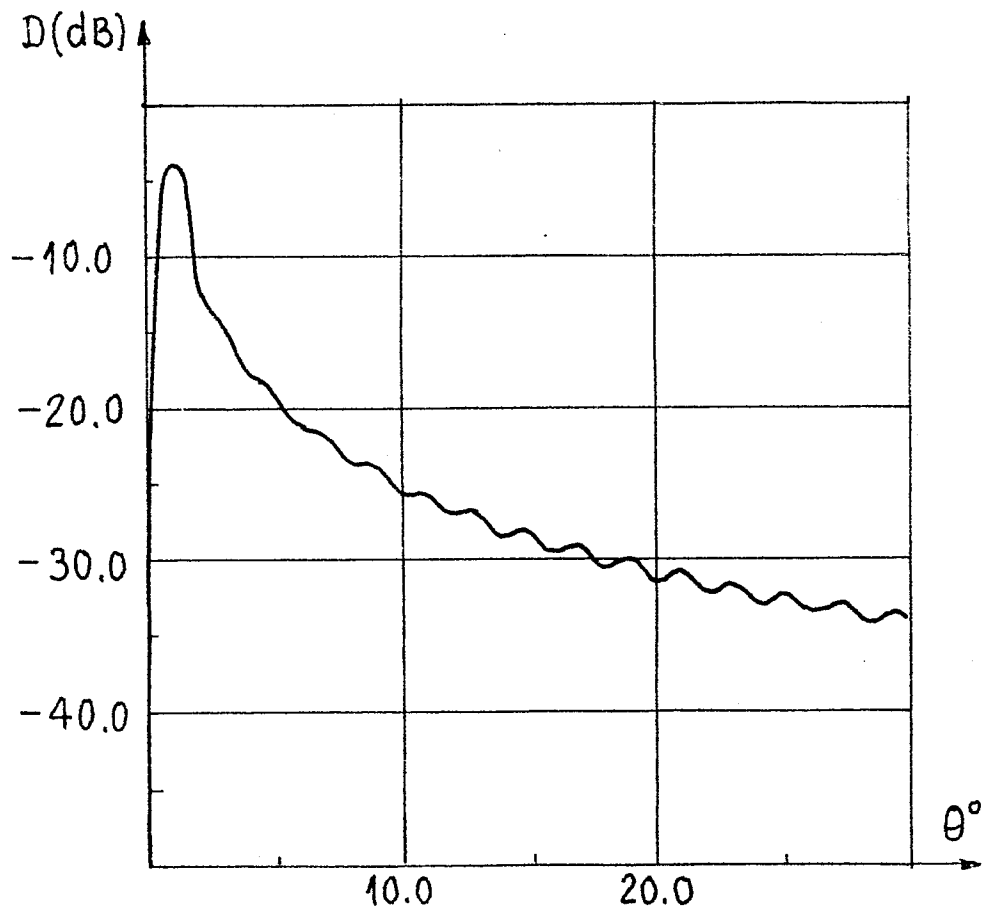


5/7

FIG_10

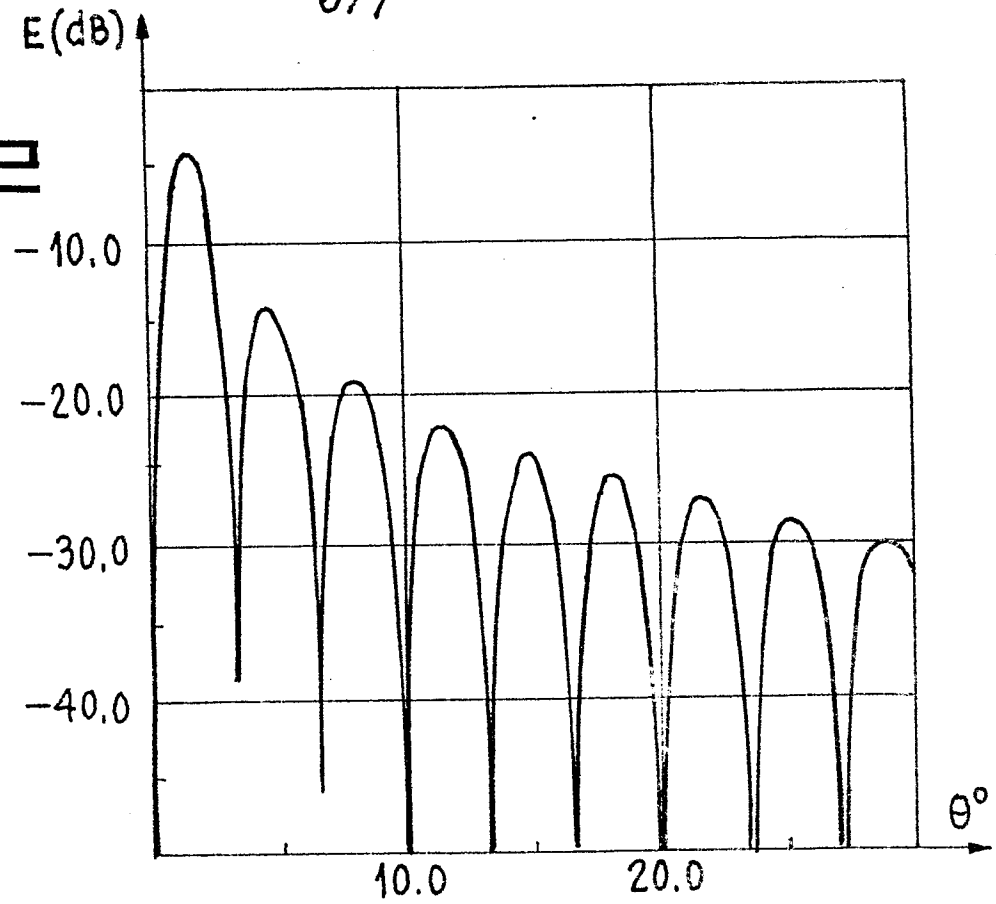


FIG_11

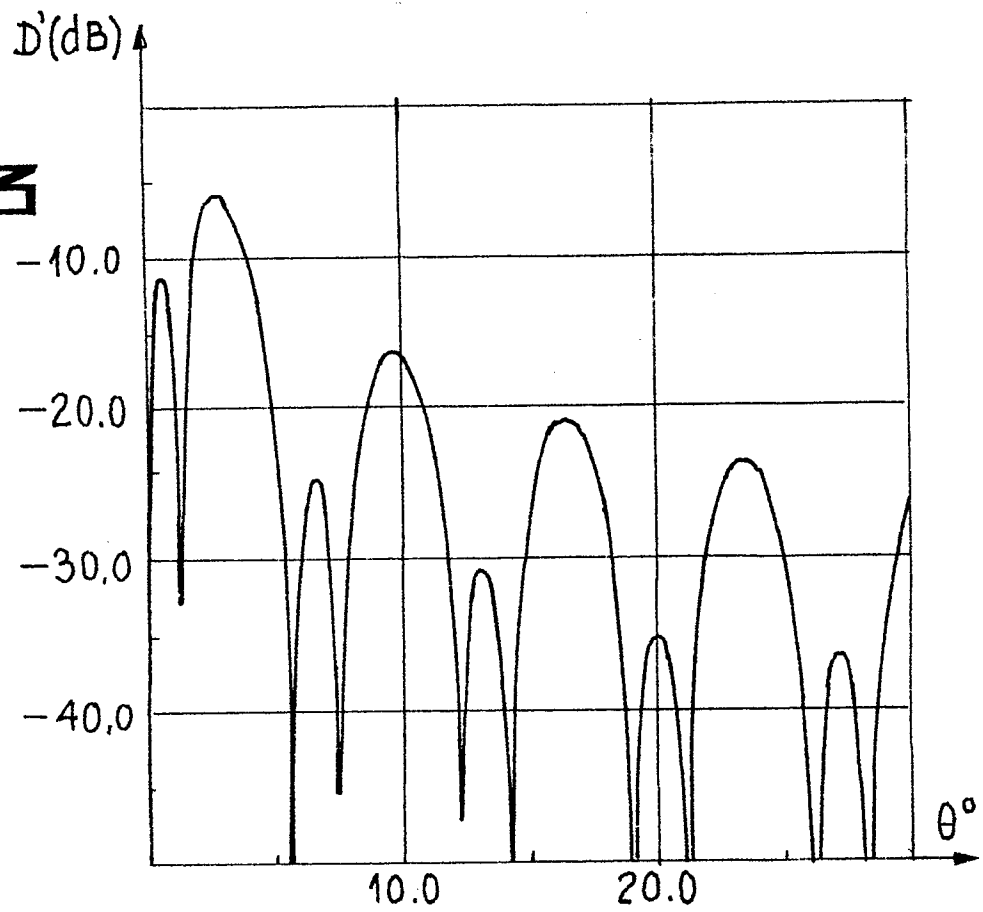


6/7

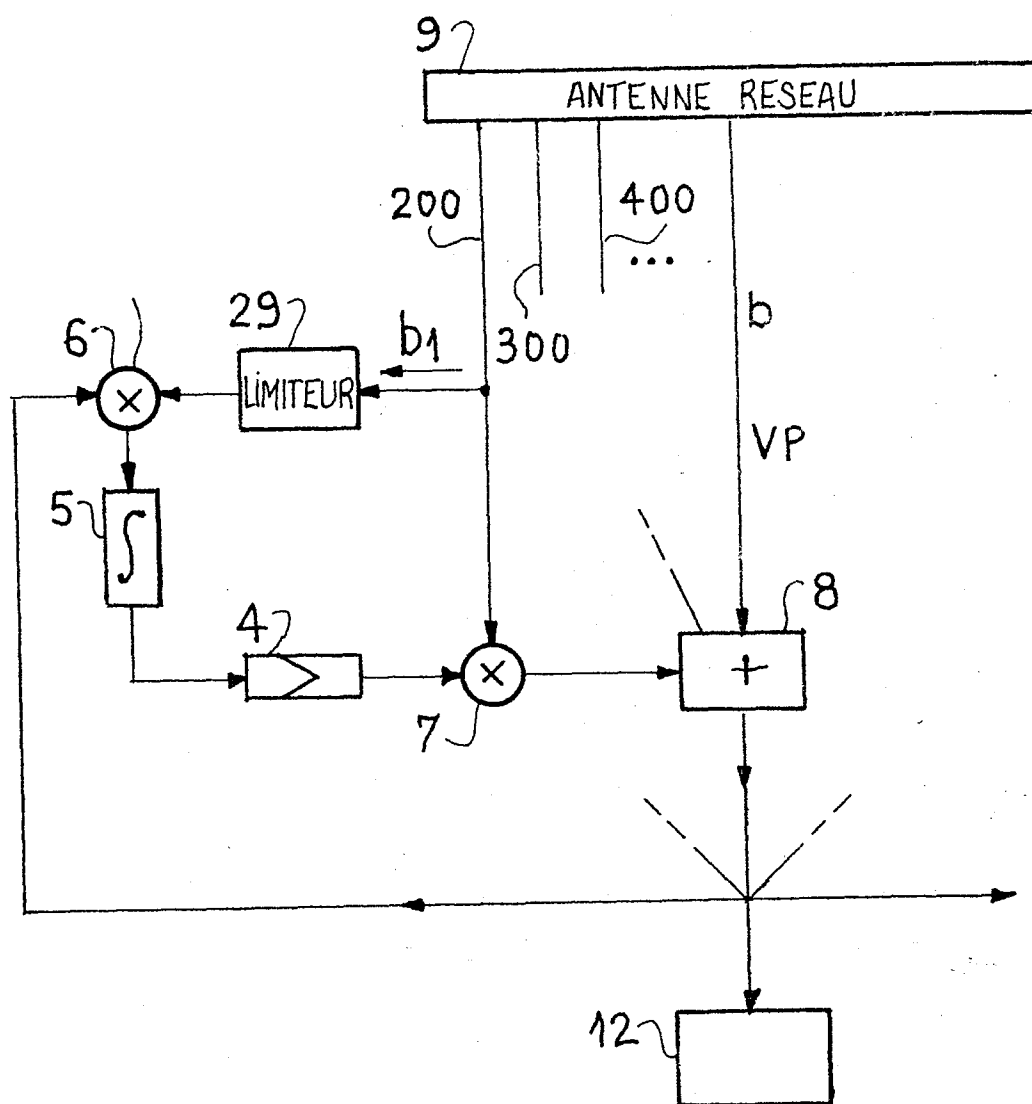
FIG_12



FIG_13



FIG_14





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0097073

Numéro de la demande

EP 83 40 1063

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. ³)												
A	IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, vol. AP-24, no. 5, septembre 1976, pages 585-598, New York, USA S.P. APPLEBAUM: "Adaptive arrays" * Page 591, colonne 2, lignes 5-8, 20-29; figures 5-1 *	1,3	H 01 Q 3/26												
A	--- US-A-3 290 684 (C.W. RENN et al.) * Colonne 7, ligne 70 - colonne 8, ligne 75 *	1													
A	--- US-A-2 825 900 (F.R. COLLBOHM) * Figures 1,4,5,8,9 *	1,7													
A	--- IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, vol. AP-24, no. 5, septembre 1976, pages 575-584, New York, USA P.W. HOWELLS et al.: "Explorations in fixed and adaptive resolution at GE and SURC" * Figure 1; page 579, colonne 1, lignes 10-21 *	1,2,5	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. ³) H 01 Q G 01 S												
A	--- IEEE TRANSACTIONS ON AEROSPACE AND ELECTRONIC SYSTEMS, vol. 16, no. 6, novembre 1980, pages 839-850, New York, USA F.W. FLOYD et al.: "Some effects of hard limiting in adaptive antenna systems" * L'abrégé *	1,2,5													
---		-/-													
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications															
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 02-09-1983	Examineur VAN DER PEET H.												
<table border="0"><tr><td>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</td><td>T : théorie ou principe à la base de l'invention</td></tr><tr><td>X : particulièrement pertinent à lui seul</td><td>E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date</td></tr><tr><td>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie</td><td>D : cité dans la demande</td></tr><tr><td>A : arrière-plan technologique</td><td>L : cité pour d'autres raisons</td></tr><tr><td>O : divulgation non-écrite</td><td></td></tr><tr><td>P : document intercalaire</td><td>& : membre de la même famille, document correspondant</td></tr></table>				CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES	T : théorie ou principe à la base de l'invention	X : particulièrement pertinent à lui seul	E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date	Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie	D : cité dans la demande	A : arrière-plan technologique	L : cité pour d'autres raisons	O : divulgation non-écrite		P : document intercalaire	& : membre de la même famille, document correspondant
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES	T : théorie ou principe à la base de l'invention														
X : particulièrement pertinent à lui seul	E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date														
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie	D : cité dans la demande														
A : arrière-plan technologique	L : cité pour d'autres raisons														
O : divulgation non-écrite															
P : document intercalaire	& : membre de la même famille, document correspondant														



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. 3)		
A	PROCEEDINGS OF THE 11th EUROPEAN MICROWAVE CONFERENCE, 7-11 septembre 1981, pages 805-812, Sevenoaks, G.B. A. FARINA et al.: "Wide deterministic nulling by means of multiplicative array techniques" * Figure 3 *	1,3	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 3)		
A	DE-A-2 642 144 (SIEMENS A.G.) * Figures 1,4 *	3,6			
A	FR-A-2 246 880 (ELECTRIC & MUSICAL INDUSTRIES) * Figures; page 6, lignes 22-36 *	1,9			
A	ELECTRONICS LETTERS, vol. 13, no. 22, octobre 1977, pages 669-670, Hitchin Herts, G.B. D.E.N. DAVIES et al.: "Electronic steering of multiple nulls for circular arrays" * Figure 1 *	10			
A	US-A-4 246 585 (MAILLOUX) * Figures 1,15 *	6			
D,A	MICROWAVE JOURNAL, mars 1978, pages 59-63, Dedham, USA M.A. JOHNSON et al.: "ECCM from the radar designers viewpoint" --- -/-	6			
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications					
Lieu de la recherche EN 1111		Date d'achèvement de la recherche 02-09-1983	Examinateur VAN DER PEE H.		
<table><tr><td>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</td><td>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</td></tr></table>				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
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				



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0097073

Numéro de la demande

EP 83 40 1063

Page 3

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. 3)
A	* PATENTS ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 6, no. 136(E-120)(1014), 23 juillet 1982 & JP - A - 57 61304 (TOKYO SHIBAURA DENKI K.K.) 13-04-1982 * En entier *	1	
A	--- PATENTS ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 6, no. 136(E-120)(1014), 23 juillet 1982 & JP - A - 57 61303 (TOKYO SHIBAURA DENKI K.K.) 13-04-1982 * En entier *	1	
A	--- US-A-4 177 464 (MASAK) * Colonne 3, lignes 5-12 * -----	1	
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 3)
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 02-09-1983	Examineur VAN DER PEET H.
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			