

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 26.10.99.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 27.04.01 Bulletin 01/17.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : THOMSON CSF Société anonyme — FR.

72 Inventeur(s) : MERLET THOMAS et MAAS OLIVIER.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : THOMSON CSF.

54 DISPOSITIF DE COMMANDE POUR LA FORMATION DE PLUSIEURS FAISCEAUX SIMULTANES DE RECEPTION RADAR A ANTENNE A BALAYAGE ELECTRONIQUE.

57 La présente invention concerne un dispositif de commande pour la formation de plusieurs faisceaux simultanés de réception radar à antenne à balayage électronique.

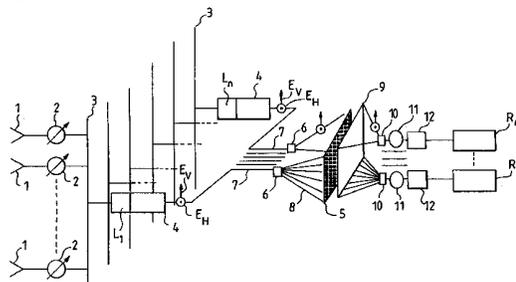
Une antenne à balayage électronique comportant un réseau de détecteurs de signaux hyperfréquence (1) disposés en n colonnes et en m lignes, le dispositif comporte :

- des moyens (2, 3) pour réaliser, dans le domaine hyperfréquence, une première combinaison partielle des signaux reçus, cette combinaison étant réalisée selon chaque colonne;

- des moyens optiques pour réaliser une seconde combinaison partielle dans le domaine optique, les moyens optiques comportant au moins n sources optiques (L_1, \dots, L_n) produisant chacune un signal optique (7) modulé à la fréquence des signaux hyperfréquence de réception (f) par un signal de combinaison hyperfréquence associé, des moyens de division (6) de ce signal optique (7) en r signaux optiques (8), des moyens de déphasages optiques (5) de chacun des nxr signaux optiques obtenus, r moyens de combinaison (10) de chaque groupe de n signaux optiques et r moyens de détection (10, 11, 12) du signal hyperfréquence (f) affecté à chaque groupe de n signaux optiques pour former r faisceaux de réception hyperfréquence (R_1, \dots

R_r).

L'invention s'applique notamment pour une reconfiguration simple et souple des faisceaux de réception d'une antenne à balayage électronique.



Dispositif de commande pour la formation de plusieurs faisceaux simultanés de réception radar à antenne à balayage électronique

5 La présente invention concerne un dispositif de commande pour la formation de plusieurs faisceaux simultanés de réception radar à antenne à balayage électronique. Elle s'applique notamment pour le contrôle du diagramme de rayonnement d'une antenne à balayage électronique en vue de reconfigurer les faisceaux de réception avec une grande souplesse, et
10 cela quelle que soit la bande passante du radar.

Une antenne à balayage électronique comporte une pluralité d'éléments rayonnants qui assurent à la fois l'émission et la réception d'un signal hyperfréquence. Un faisceau d'émission ou de réception, est formé
15 par l'ensemble des signaux émis ou reçus par chaque élément. Pour orienter un faisceau dans une direction donnée θ , il est nécessaire de créer des retards temporels entre signaux émis ou reçus par les différents éléments rayonnants. Pour obtenir un effet analogue, il était connu de créer un retard de phase entre ces signaux. Le déphasage $\phi_1 - \phi_2$ entre les signaux émis ou
20 reçus par deux éléments rayonnants est donné par la relation suivante :

$$\Phi_1 - \Phi_2 = \frac{d \sin \theta}{c} \times 2\pi f \quad (1)$$

où d , f et c représentent respectivement la distance entre les deux
25 éléments rayonnants, f la fréquence des signaux et c la vitesse de la lumière, le retard temporel créé étant $T_1 - T_2 = \frac{d \sin \theta}{c}$. De son côté, le déphasage $\phi_1 - \phi_2$ est égal à $2\pi f(T_1 - T_2)$.

A la solution précédemment décrite qui fait appel à des circuits de commande hyperfréquence peut être préférée une solution utilisant des
30 circuits de commande optiques, notamment pour des problèmes de bande passante. La relation (1) précédente met en effet en évidence un inconvénient, dans le fait que le déphasage dépend de la fréquence. En conséquence, si la fréquence varie, l'angle de pointée varie aussi. Cette méthode d'orientation d'un faisceau n'est donc pas adaptée pour un radar à
35 large bande. Cependant, les techniques hyperfréquence ne permettent pas

de créer un retard temporel entre les signaux autrement que par la création du déphasage précédent, sauf à mettre en œuvre un dispositif prohibitif du point de vue de l'encombrement et du coût.

L'utilisation des techniques optiques permet de s'affranchir de
5 l'inconvénient précité, en commandant les éléments rayonnants directement par des retards temporels, sans passer par l'artifice de déphasages, ces retards étant créés dans le domaine optique. A cet effet, des solutions de commande optique d'antennes à balayage électronique ont déjà été mises en œuvre. En ce qui concerne l'émission, de nombreuses architectures de
10 commandes optiques ont donc déjà été proposées afin de contrôler le diagramme de rayonnement à l'émission.

En ce qui concerne la réception des signaux par l'antenne, la formation de faisceau nécessite une dynamique très importante encore inaccessible aux composants optiques. La dynamique au sens radar est
15 caractérisée par le rapport signal à bruit, en incluant dans le terme « bruit » les phénomènes d'intermodulation qui émanent des non-linéarités de la chaîne généralement dénommées dans la littérature anglo-saxonne SFDR selon l'expression « Spurious Free Dynamic Range.

La vitesse de commutation du faisceau dans une direction donnée
20 à partir d'une commande est une autre difficulté, du second ordre par rapport à la dynamique.

Afin de palier ce problème de dynamique, une architecture de commande optique basée sur la corrélation a été présentée dans la demande de brevet français n° 94 11498 puis complétée par une
25 architecture présentée dans la demande de brevet français n° 98 07240. Cette architecture optique à corrélation permet pour la réception comme pour l'émission, une commande en retards temporels suivant les deux plans en site et en gisement. Cependant, cette architecture ne permet la formation que d'un faisceau unique, elle ne permet pas une réception multifaisceaux,
30 c'est-à-dire à plusieurs faisceaux simultanés. Or, pour de nombreuses applications radar, il est nécessaire de former dans au moins un des plans du radar, site ou gisement, plusieurs faisceaux à la réception, par exemple des ensembles de faisceaux sommes et différences.

Si la bande passante n'est pas essentielle pour certaines
35 applications radar qui peuvent accepter des largeurs de bande moyenne, la

réception multifaisceaux est alors possible dans les techniques de commande à base de circuits hyperfréquence seuls. A la réception, l'écho radar est détecté sur une antenne à réseaux par une matrice n lignes par m colonnes de détecteurs hyperfréquence qui constituent la dalle de l'antenne.

5 Ces signaux élémentaires sont individuellement pondérés en amplitude et en phase puis sommés pour former un faisceau de réception. Ce dernier est caractérisé par sa direction angulaire par rapport à la normale de l'antenne et par son diagramme de rayonnement. Afin de former simultanément plusieurs faisceaux de réception, il est nécessaire de diviser les signaux élémentaires
10 pour les diriger vers différentes matrices de pondération et différents sommateurs. Réalisées en technologie hyperfréquence, ces pondérations et ses sommations sont immuables. La reconfiguration des faisceaux de réception est néanmoins possible en utilisant des architectures à formation de faisceaux par le calcul, dites FFC. Ces dernières se traduisent néanmoins
15 par une complexité accrue au niveau du traitement radar. Il s'agit en effet de traitements temps réels qui imposent d'utiliser de nombreux processeurs numériques complexes et coûteux. En d'autres termes, la complexité du traitement limite le nombre de récepteurs dans les architectures à FFC.

Ainsi, une mise en œuvre simple d'une réception radar
20 multifaisceaux à grande dynamique n'est possible ni par l'utilisation d'une commande hyperfréquence, qui ne permet pas une allocation dynamique des faisceaux formés, ni dans le domaine numérique qui impose une limitation sur le nombre de voies (sous-réseaux) échantillonnées.

Un but de l'invention est notamment de permettre un mode de
25 réalisation simple d'une réception multifaisceaux avec une grande dynamique.

A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif de commande pour la formation de faisceaux de réception radar d'une antenne à balayage électronique comportant un réseau de détecteurs de signaux hyperfréquence
30 disposés en n sous-réseaux de détecteurs, caractérisé en ce qu'il comporte :

- des moyens pour réaliser, dans le domaine hyperfréquence, une première combinaison partielle des signaux reçus, cette combinaison étant réalisée selon chaque sous-réseau ;
- des moyens optiques pour réaliser une seconde combinaison
35 partielle dans le domaine optique, les moyens optiques comportant au moins

n sources optiques produisant chacune un signal optique modulé à la fréquence des signaux hyperfréquence de réception f par un signal de combinaison hyperfréquence associé, des moyens de division de ce signal optique en r signaux optiques, des moyens de déphasages optiques de
5 chacun des $n \times r$ signaux optiques obtenus, r moyens de combinaison de chaque groupe de n signaux optiques et r moyens de détection du signal de modulation f affecté à chaque groupe de n signaux optiques pour former r faisceaux de réception hyperfréquence

L'invention a par ailleurs pour principaux avantages qu'elle permet
10 de réduire la complexité de traitement numérique relatif à la formation des faisceaux radar, par FFC qu'elle apporte une immunité contre les perturbations électromagnétiques, qu'elle permet un gain de poids et un gain d'encombrement, et qu'elle s'applique à toutes les bandes de fréquences radar.

15 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'aide de la description qui suit faite en regard de l'unique figure qui représente, par un synoptique, un mode de réalisation possible d'un dispositif de commande selon l'invention.

20 La figure annexée présente donc un exemple de réalisation possible d'un dispositif de commande selon l'invention. Ce dispositif commande la formation de plusieurs faisceaux de réception R_1, \dots, R_r d'une antenne radar à balayage électronique. Il réalise une sommation hyperfréquence partielle des signaux reçus par les détecteurs élémentaires
25 d'antenne, suivie d'une sommation incohérente en optique.

Une antenne de réception à balayage électronique comporte n sous-réseaux détecteurs de signaux hyperfréquence 1. Pour faciliter la description de l'invention on considère que les sous-réseaux sont des colonnes, cependant ceux-ci pourraient être quelconque. Chaque colonne
30 comporte par exemple m détecteurs 1. Chaque détecteur est suivi d'un déphaseur 2. Pour des facilités de représentation, seuls les détecteurs et les déphaseurs de la première colonne sont représentés. Les déphaseurs 2 sont commandés par des moyens classiques en fonction de la direction souhaitée selon la composante parallèle à la colonne, par exemple verticale si celle-ci
35 est verticale. Pour chaque colonne, les signaux issus des déphaseurs sont

sommés par un combineur hyperfréquence 3. Le dispositif de commande selon l'invention comporte donc des moyens pour réaliser une sommation partielle hyperfréquence des signaux reçus selon chaque colonne. Ces moyens comportent notamment les déphaseurs 2 et leurs commandes ainsi
5 que les combineurs hyperfréquence 3. Cette sommation partielle est réalisée classiquement par des moyens connus. Chacune des n colonnes fournit donc un signal sommé selon une dimension de l'espace, par exemple la dimension verticale.

Les signaux issus des n colonnes, en sortie des combineurs 3,
10 modulent chacun une source optique L_1, \dots, L_n à la fréquence de réception f des signaux reçus. Les sources optiques L_1, \dots, L_n sont par exemple des lasers. Chaque source optique est par exemple suivie de moyens 4 de génération d'une onde optique bi-fréquence en polarisation croisée, une fréquence étant à $\omega/2\pi + f$ et une fréquence à $\omega/2\pi$. La fréquence f est celle
15 du signal reçu. La fréquence $\omega/2\pi$ est la fréquence de l'onde optique produite par la source lumineuse L_1, \dots, L_n . Une fréquence $\omega/2\pi + f$ est transmise selon une première polarisation, par exemple verticale E_V . L'autre fréquence $\omega/2\pi$ est transmise sur une polarisation perpendiculaire, par exemple horizontale E_H , les deux polarisations étant perpendiculaires à la direction de
20 transmission de l'onde optique. Le signal optique, de fréquence $\omega/2\pi$, est donc transmis selon une polarisation alors le signal optique modulé par la fréquence f du signal hyperfréquence de réception, de fréquence $\omega/2\pi + f$, est transmis selon la polarisation perpendiculaire. Le signal optique modulé peut être obtenu par un translateur de fréquence qui est par exemple une
25 cellule de Bragg acousto-optique.

Les n signaux optiques bi-fréquence en polarisation croisée sont envoyés vers des moyens de déphasages optiques 5. Avant d'entrer dans ces moyens de déphasage optique, chaque signal entre dans un coupleur optique 1/r 6 qui divise ce signal en r signal optique, r étant le nombre de
30 faisceaux de réception du radar à former. Les n canaux optiques 7 issus sont donc divisés chacun en r canaux optiques 8 au moyen de ces coupleurs optiques 1/r, un canal optique étant une voie selon laquelle se propage un signal optique. L'exemple de réalisation présenté par la figure illustre un mode de transmission des signaux optiques en espace libre. Un dispositif

selon l'invention peut cependant comporter des canaux optiques 7, 8 qui sont des guides optiques ou des fibres optiques.

En sortie des coupleurs 6, les nrx canaux optiques sont dirigés vers les moyens de déphasages optiques 5. Ces derniers sont par exemple une
5 matrice à cristaux liquides qui comporte nrx pixels. Cette matrice de phase imprime par pixel à l'une des polarisations, selon un régime anisotropique, une phase optique commandée par une tension électrique. La fréquence $\omega/2\pi + f$ devient par exemple $\omega/2\pi + f + \varphi_{i,j}$ pour le signal optique qui rencontre le pixel i, j de ligne i et de colonne j sur la matrice de phase 5. Le
10 dispositif selon l'invention dispose des moyens, non représentés, d'application de tensions aux pixels. Ces moyens appliquent à chaque pixel i, j une tension $V_{i,j}$.

Les moyens de déphasages optiques 5 sont par exemple suivis par des moyens 9 de pondération d'amplitudes. Ces moyens agissent sur les
15 deux polarisations E_v, E_H en modifiant l'amplitude des deux ondes optiques de chacun des canaux 8. Ces moyens de pondération d'amplitude sont par exemple une matrice de cristaux liquides comportant nrx pixels. La pondération d'amplitude, comme le déphasage, est pilotée pixel par pixel par des moyens de commande en tension non représentés. Une pondération
20 d'amplitude est appliquée à chacun des nrx signaux optiques 8.

Pour former r faisceaux de réception hyperfréquence R_1, \dots, R_r , le dispositif selon l'invention comporte r moyens de détection du signal hyperfréquence affecté à chaque groupe de n signaux optiques. Ce signal est en fait le signal de modulation à la fréquence de réception f ayant subi
25 les déphasages $\varphi_{i,j}$. Ainsi, les n canaux optiques 7, divisés selon les colonnes (par exemple verticalement) en r canaux avant les matrices sont après ces dernières regroupés en lignes (par exemple horizontalement) pour former r faisceaux optiques à n composantes déphasées et éventuellement pondérées en amplitude. Le regroupement des canaux se fait au moyen de
30 combineurs optiques $1/n$ 10. Les n canaux de chaque ligne sont combinés par un combineur 10.

Chaque combineur 10 est suivi d'un polariseur 45° 11 qui a pour fonction de recombinaison les deux polarisations selon une même direction. Les deux ondes cohérentes interfèrent alors en sortie de chaque polariseur 11.
35 Ce dernier est suivi d'un photodétecteur 12. Un photodétecteur 12 détecte

ainsi un signal proportionnel aux phases et amplitudes imprimées sur les canaux optiques élémentaires 8 par les moyens 5 de déphasages optiques et les moyens 9 de pondération d'amplitude. Les deux ondes interfèrent donc à l'entrée de ce dernier. Leurs raies spectrales à $\omega/2\pi + f$ et à $\omega/2\pi$ battent
 5 donc et la différence entre les deux raies donne alors la fréquence de réception f .

Le dispositif selon l'invention permet alors d'obtenir en sortie des r photodétecteurs 12 r faisceaux radar R_1, \dots, R_r formés de manière fixe dans une dimension où les combinaisons sont effectuées en hyperfréquence et
 10 reconfigurables dans l'autre dimension où les combinaisons sont effectuées en optique. Cette dernière configuration des faisceaux est réalisée au niveau des moyens de déphasages optiques 5. Les lois de phase à appliquer sont par exemple programmées dans des moyens de commande des tensions de pixels d'une matrice à cristaux liquides 5. En plus de lois de phases, des lois
 15 de pondérations d'amplitudes peuvent être par exemple appliquées aux canaux élémentaires 8 par les moyens de pondération d'amplitude 9. La puissance P_j dans chacun des r faisceaux de sortie est alors donnée par la relation suivante :

$$20 \quad P_j = \sum_{i=1}^n P_{ij} \cos \varphi_{ij} \quad , j \text{ variant de } 1 \text{ à } r \quad (2)$$

Les phases φ_{ij} sont imprimées par les moyens de déphasages optiques 5, et les puissances P_{ij} sont par exemple pondérées par les moyens de pondération 9.

25 Une matrice à cristaux liquides à $n \times r$ pixels commandables en tension a été présentée à titre d'exemple de réalisation des moyens de déphasages optiques. Ce mode de réalisation a notamment comme avantage le fait d'être simple à mettre en œuvre. Ces moyens peuvent bien sûr être réalisés autrement.

30 Ces moyens de déphasage peuvent aussi être remplacés par des moyens de création de retards temporels sur les $n \times r$ signaux élémentaires 8. Ces moyens peuvent par exemple être un dispositif de trajets optiques commutable tel que décrit dans la demande de brevet français n° 90 03386.

Les retards temporels permettent alors de traiter des signaux dans une très large bande instantanée.

L'invention peut s'appliquer avec une technologie optique en propagation libre utilisant des matrices à cristaux liquides 5, 9 pour exercer
5 les pondérations en phase et en amplitude. Ces pondérations peuvent également être obtenues en optique guidée en réalisant sur semi-conducteurs, par exemple InP, des guides optiques, des coupleurs et des modulateurs de phase et d'amplitude. Dans ce cas, la présence de polariseurs 11 n'est plus nécessaire.

10 Un dispositif selon l'invention présente notamment l'avantage de permettre la reconfiguration des faisceaux de réception radar en jouant simplement sur les tensions de commande des matrices optiques de phase 5 et d'amplitude 9, ou tous autres moyens de déphasages optiques, de création de retards temporels ou de pondérations d'amplitudes. Cette
15 possibilité n'est pas offerte aux combineurs hyperfréquence. De ce fait, l'invention propose notamment une alternative avantageuse aux architectures radar à formation de faisceaux par le calcul. Comparée à une solution numérique, une formation de faisceaux analogiques par l'optique permet de minimiser le nombre de récepteurs et simplifie considérablement
20 la complexité de traitement. Par ailleurs, la combinaison partielle en hyperfréquence ainsi que la sommation optique de différents faisceaux permettent notamment d'alléger les contraintes de dynamique qui pèsent sur les architectures optiques pour la réception, puisqu'une partie de l'orientation des faisceaux de réception est traitée par les techniques hyperfréquences.

25 Comme autres avantages, l'invention apporte encore une immunité contre les perturbations électromagnétiques, un gain de poids et un gain d'encombrement, grâce aux technologies optiques. Enfin, l'invention s'applique pour toutes les bandes de fréquence radar.

L'invention a été décrite dans le cas où les signaux de réception
30 hyperfréquence sont sommés par colonnes, verticalement. Il est bien sûr possible de sommer les signaux de réception hyperfréquence par lignes, horizontalement ou par tous réseaux de forme géométrique donnée. Toutefois, une sommation hyperfréquence selon des colonnes verticales permet, par exemple, de diminuer les effets des fouillis, encore appelés
35 clutters, de sol ou de mer. En effet, chaque élément rayonnant 1 émet ou

reçoit selon une très grande ouverture, mais en sommant selon une colonne ou une ligne, une direction fine est privilégiée selon cette colonne ou cette ligne. Selon une direction verticale le clutter de sol ou de mer s'ajoute de façon incohérente d'une colonne à l'autre et le rapport signal à bruit 5 augmente alors. Il n'en serait pas de même selon une direction horizontale où le clutter de sol ou de mer s'ajouterait de manière plus cohérente.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de commande pour la formation de faisceaux de réception radar d'une antenne à balayage électronique comportant un réseau
5 de détecteurs de signaux hyperfréquence (1) disposés en n sous-réseaux de détecteurs, caractérisé en ce qu'il comporte :

- des moyens (2, 3) pour réaliser, dans le domaine hyperfréquence, une première combinaison partielle des signaux reçus, cette combinaison étant réalisée selon chaque sous-réseau ;
- 10 - des moyens optiques pour réaliser une seconde combinaison partielle dans le domaine optique, les moyens optiques comportant au moins n sources optiques (L_1, \dots, L_n) produisant chacune un signal optique (7) modulé à la fréquence des signaux hyperfréquence de réception (f) par un signal de combinaison hyperfréquence associé, des moyens de division (6)
- 15 de ce signal optique (7) en r signaux optiques (8), des moyens de déphasages optiques (5) de chacun des nxr signaux optiques obtenus, r moyens de combinaison (10) de chaque groupe de n signaux optiques et r moyens de détection (10, 11, 12) du signal hyperfréquence (f) affecté à chaque groupe de n signaux optiques pour former r faisceaux de réception
- 20 hyperfréquence (R_1, \dots, R_r).

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens optiques comportent en sortie de chaque source optique (L_1, \dots, L_n) des moyens (4) de génération d'une onde optique bi-fréquence en
25 polarisation croisée, une fréquence étant à $\omega/2\pi + f$ et une fréquence à $\omega/2\pi$, la fréquence f étant celle du signal reçu, la fréquence $\omega/2\pi$ étant la fréquence de l'onde optique produite par la source lumineuse L_1, \dots, L_n , une fréquence $\omega/2\pi + f$ étant transmise selon une première polarisation, l'autre fréquence $\omega/2\pi$ étant transmise sur une polarisation perpendiculaire.

30 3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens de déphasages optiques sont une matrice à cristaux liquides comportant nxr pixels, appliquant pixel par pixel un déphasage ($\phi_{i,j}$) aux nxr signaux optiques issus des moyens de
35 division (6), un déphasage étant commandé par une tension électrique ($V_{i,j}$).

4. Dispositif selon les revendications 2 et 3, caractérisé en ce que le déphasage ($\varphi_{i,j}$) est appliqué à la polarisation véhiculant le signal à la fréquence $\omega/2\pi + f$.

5

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce qu'un moyen de détection d'un signal hyperfréquence comporte un polariseur 45° (10) recombinaut les deux polarisations selon une même direction et un photodétecteur détectant le signal hyperfréquence.

10

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens optiques comportent, associés aux moyens de déphasages optiques (5), des moyens de pondération d'amplitudes (9), une pondération d'amplitude étant appliquée à chacun des n_x signaux optiques (8).

15

7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le signal optique est modulé par une cellule de Bragg.

20

8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens de combinaison hyperfréquence comportent des déphaseurs hyperfréquences (2) et des moyens de commande de ces déphaseurs pour configurer les faisceaux de réception (R_1, \dots, R_r) dans selon la direction définie par les sous-réseaux.

25

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les sous-réseaux sont des colonnes, les détecteurs des colonnes étant disposés verticalement.

30

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que les sous-réseaux sont des lignes, les détecteurs des lignes étant disposés horizontalement.

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 584004
FR 9913358

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 0 793 291 A (HUGHES AIRCRAFT CO) 3 septembre 1997 (1997-09-03) * colonne 2, ligne 42 - colonne 4, ligne 23; figure 1 *	1	H01Q3/26 H01Q21/00
Y	---	2-4,7,9, 10	
X	CARDONE L G: "WIDEBAND ELECTRO-OPTICAL MICROWAVE BEAMFORMING TECHNIQUE" CONFERENCE PROCEEDINGS OF MILITARY MICROWAVES, 24 - 26 juin 1986, pages 391a-391f, XP002142162 Brighton, England Partie: Electrical and optical beamforming	1	
A	US 5 861 845 A (STEPHENS RONALD R ET AL) 19 janvier 1999 (1999-01-19) * colonne 10, ligne 40-63; figures 2,8 *	1	
Y	EP 0 708 491 A (THOMSON CSF) 24 avril 1996 (1996-04-24) * page 5, colonne 32-57; figure 4C *	2-4,7,9, 10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
A	PASTUR L ET AL: "TWO-DIMENSIONAL OPTICAL ARCHITECTURES FOR THE RECEIVE MODE OF PHASED-ARRAY ANTENNAS" APPLIED OPTICS,US,OPTICAL SOCIETY OF AMERICA,WASHINGTON, vol. 38, no. 14, 10 mai 1999 (1999-05-10), pages 3105-3111, XP000830136 ISSN: 0003-6935 partie 2. Operating principles	1	H01Q
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
10 juillet 2000		Van Dooren, G	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
<p>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</p>		<p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>	