



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 0 991 137 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**05.04.2000 Bulletin 2000/14**

(51) Int Cl.7: **H01Q 21/22**

(21) Numéro de dépôt: **99402347.1**

(22) Date de dépôt: **24.09.1999**

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**  
Etats d'extension désignés:  
**AL LT LV MK RO SI**

(72) Inventeur: **Aubry, Claude**  
**94117 Arcueil Cedex (FR)**

(74) Mandataire: **Chaverneff, Vladimir et al**  
**Thomson-CSF Propriété Intellectuelle,**  
**13, Avenue du Président Salvador Allende**  
**94117 Arcueil Cédex (FR)**

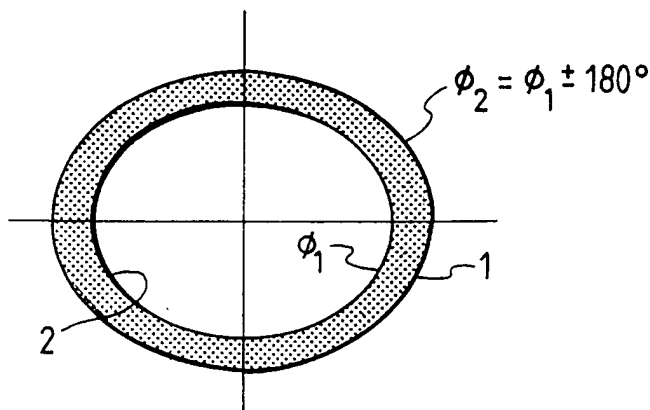
(30) Priorité: **29.09.1998 FR 9812155**

(71) Demandeur: **THOMSON-CSF**  
**75008 Paris (FR)**

(54) **Procédé d'élargissement du diagramme de rayonnement d'une antenne, et antenne le mettant en oeuvre**

(57) Pour élargir le diagramme de rayonnement d'une antenne-réseau à balayage électronique à commande de phase, ayant en particulier une ouverture elliptique, on détermine une deuxième ellipse, homothétique

de celle de l'ouverture, dans un rapport de 0,84, et les éléments rayonnants se trouvant dans cette deuxième ellipse sont tous alimentés en phase, tandis que les autres sont alimentés avec un déphasage de  $180^\circ$ .



**FIG.1**

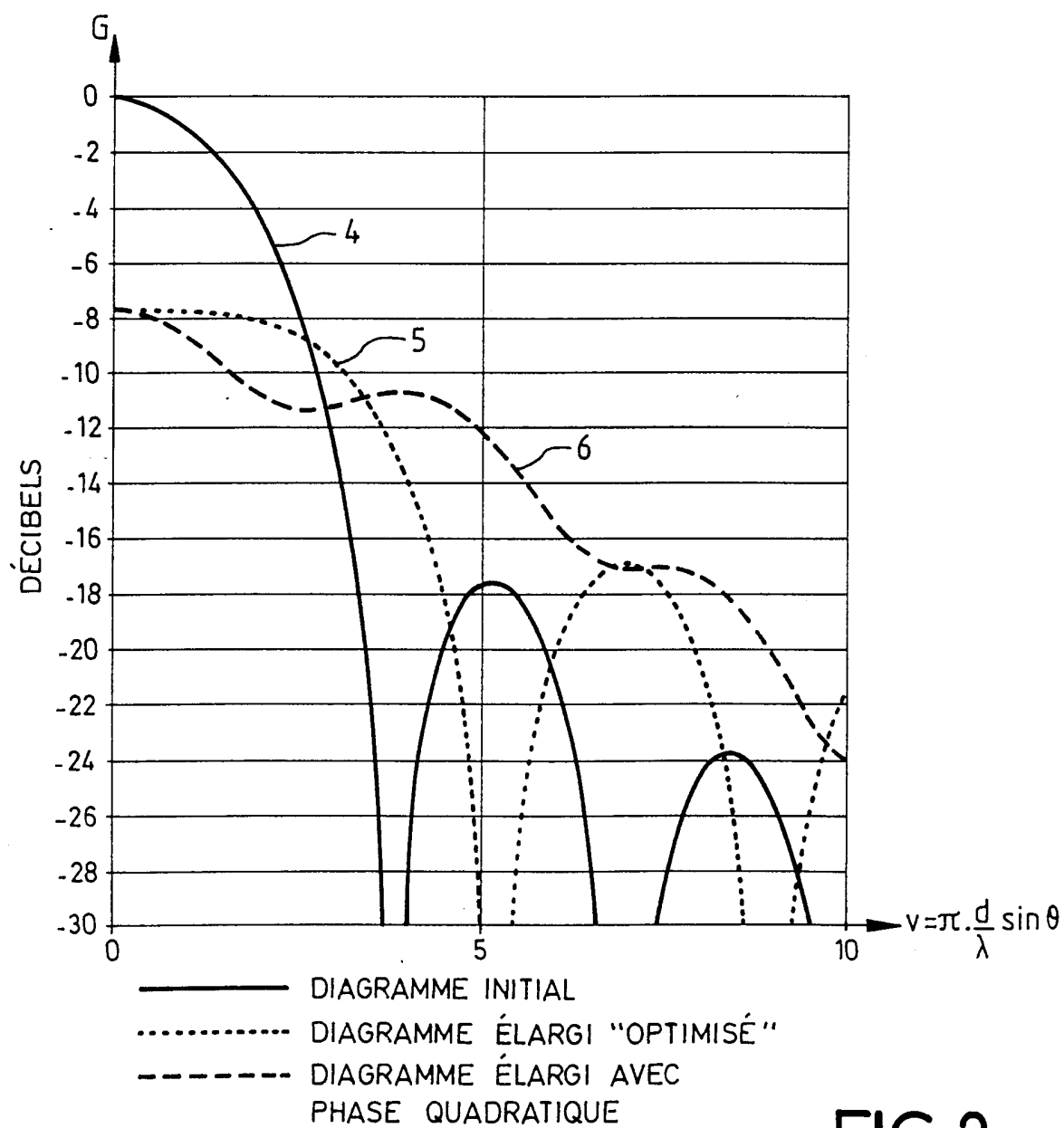


FIG.2

## Description

**[0001]** La présente invention se rapporte à un procédé d'élargissement du diagramme de rayonnement d'une antenne, et à une antenne le mettant en oeuvre.

**[0002]** L'invention s'applique en particulier aux antennes-réseau à balayage électronique à commande de phase. Lorsque l'on désire élargir le diagramme de rayonnement de telles antennes, l'élargissement désiré est généralement obtenu en appliquant à leurs éléments rayonnants un signal dont la phase depuis la normale à l'ouverture vers la périphérie de cette ouverture suit une loi de variation quadratique. Cette technique donne des résultats d'autant meilleurs que la loi d'évolution de l'amplitude du signal, considérée de la même façon que la phase, a une allure gaussienne. Par contre, si cette loi de variation de l'amplitude est uniforme, le lobe principal du diagramme élargi présente des oscillations pouvant être préjudiciables au fonctionnement correct de l'antenne.

**[0003]** Par ailleurs, on peut montrer qu'on ne peut annuler la courbure axiale du diagramme de rayonnement (courbure au voisinage de l'axe du faisceau de l'antenne), c'est-à-dire annuler le terme à la puissance 2 de l'expression mathématique de la loi de variation de ce diagramme, puisque, du fait de la symétrie des antennes utilisées, les termes impairs n'existent pas dans cette expression mathématique, c'est-à-dire encore qu'on ne peut obtenir un diagramme de rayonnement dont la loi de variation en fonction de la distance angulaire à l'axe ne contienne pas de termes à la puissance 2 (cette loi de variation serait alors, à peu de chose près, du 4<sup>è</sup> degré) qu'en annulant les variations du gain axial. Dans le chapitre 13 de l'ouvrage de référence de S. SILVER « Microwave antenna theory and design », décrivant différentes techniques de « façonnage » du diagramme de rayonnement d'une antenne à réflecteur, il est fait état d'une méthode consistant à inverser, à l'aide d'un moyen mécanique (translation d'un quart de longueur d'onde d'une partie du réflecteur) la phase du champ rayonné sur la partie correspondante de l'ouverture rayonnante, permettant ainsi d'obtenir un diagramme de rayonnement d'allure « sectorale ». Les indications fournies sont purement qualitatives et ne permettent donc pas de se faire une idée, même approchée, des performances auxquelles on peut s'attendre.

**[0004]** La présente invention a pour objet un procédé permettant, pour une antenne dont on peut commander la loi de variation de phase en fonction de la distance angulaire des éléments rayonnants à l'axe, d'élargir de façon simple le diagramme de rayonnement, sans risque d'apparition d'oscillations, en particulier dans le lobe principal du diagramme de rayonnement.

**[0005]** La présente invention a également pour objet une antenne à balayage électronique par commande de phase présentant un diagramme de rayonnement élargi, cette antenne étant simple à réaliser et pas plus onéreuse qu'une antenne similaire à diagramme non élargi.

**[0006]** Le procédé conforme à l'invention consiste à déterminer, à l'intérieur du contour de l'ouverture rayonnante de l'antenne, un second contour homothétique de celui-ci et concentrique, et à appliquer aux éléments se trouvant à l'intérieur du second contour des signaux ayant une première phase donnée fonction de la déviation désirée du faisceau rayonné, et à ceux se trouvant entre les deux contours une phase décalée de 180° par rapport à la première.

**[0007]** La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée d'un mode de mise en oeuvre, pris à titre d'exemple non limitatif et illustré par le dessin annexé, sur lequel :

- la figure 1 est une vue en plan du contour d'une antenne à ouverture elliptique, montrant le contour virtuel d'une ellipse homothétique du contour de l'ouverture, définissant le lieu géométrique des sauts de phase entre éléments rayonnants voisins, conformément au procédé de l'invention, et
- la figure 2 est un ensemble de divers diagrammes de rayonnement, montrant les avantages de celui obtenu par le procédé de l'invention par rapport à ceux obtenus par les procédés connus.

**[0008]** L'invention est décrite ci-dessous en référence à une antenne-réseau de radar à balayage électronique à ouverture elliptique, mais il est bien entendu qu'elle n'est pas limitée à cette seule application, et qu'elle peut être mise en oeuvre pour des antennes d'équipements autres que des radars, fonctionnant à des fréquences pouvant être très différentes de celles des radars (par exemple des sonars) à condition que ces antennes comportent des éléments rayonnants dont les signaux de commande puissent avoir des phases différentes selon les éléments rayonnants. Les réseaux constituant ces antennes peuvent être périodiques ou non. L'ouverture de ces antennes peut ne pas être elliptique : elle peut par exemple être circulaire ou rectangulaire, par exemple.

**[0009]** On a représenté en figure 1, de façon simplifiée, le contour elliptique 1 de l'ouverture d'une antenne-réseau de radar. Le procédé de l'invention vise à résoudre le problème suivant. Il s'agit de trouver le paramètre sur lequel on peut agir et la façon d'agir sur ce paramètre pour satisfaire simultanément les trois conditions suivantes : distribution équi-amplitude du champ sur toute la section de l'ouverture, diagramme le plus plat possible au voisinage de l'axe du faisceau et gain de l'antenne maximisé.

**[0010]** Selon l'invention, le paramètre sur lequel on agit est la phase des signaux envoyés aux différents éléments rayonnants de l'antenne et la façon d'agir sur cette phase est la suivante. Soit une ellipse 2 (figure 1) homothétique de l'ellipse 1, plus petite que cette dernière et concentrique avec elle. Selon l'invention, tous les éléments rayonnants

se trouvant à l'intérieur de l'ellipse 2 reçoivent des signaux ayant la même phase  $\varphi_1$ , tandis que tous les éléments se trouvant entre les deux ellipses 1 et 2 reçoivent des signaux ayant une phase  $\varphi_2$  telle que  $\varphi_2 = \varphi_1 \pm 180^\circ$ .

**[0011]** Pour déterminer le rapport d'homothétie des ellipses 1 et 2, on procède de la façon suivante. On recherche la fonction mathématique  $a(t)$ , définie sur l'intervalle  $[0,1]$  vérifiant les trois conditions énoncées ci-dessus.

1°) gain axial maximum : on maximise la fonction :

$$\left( \int_0^1 a(t) dt \right)^2$$

2°) pour aplanir le diagramme de rayonnement au voisinage de l'axe du faisceau :

$$\operatorname{Re} \left( \int_0^1 t \cdot a(t) \cdot dt \int_0^1 \overline{a(t)} \cdot dt \right) = 0$$

3°) pour obtenir une distribution équiampitude du champ:

$$a(t) \cdot \overline{a(t)} = 1$$

**[0012]** Ce problème d'optimisation se résout facilement par la méthode des multiplicateurs de Lagrange. On trouve ainsi, d'abord, que la loi de variation de phase est nécessairement constante par morceaux (« piecewise » en anglais), avec un saut de phase de  $180^\circ$  d'un morceau au suivant. On trouve ensuite que le nombre de morceaux conduisant à un gain maximal dans l'axe du faisceau se réduit à deux. Le calcul montre ensuite que le saut de phase se produit le long de l'ellipse 2 (ou du cercle) présentant un rapport d'homothétie d'environ  $\frac{1}{2}^{\frac{1}{4}} = 0,84$  avec l'ellipse 1 (ou un cercle, si le contour de l'ouverture de l'antenne est circulaire). La perte de gain correspondante, par rapport à la même antenne sans élargissement de son diagramme, est de 7, 7 dB.

**[0013]** Sur la figure 2, on a représenté trois demi-diagrammes de rayonnement (étant donné que ces diagrammes sont tous symétriques par rapport à l'axe du faisceau rayonné) correspondant respectivement

- à l'antenne initiale sans élargissement (diagramme 4)
- à l'antenne initiale avec élargissement selon l'invention (diagramme 5)
- à l'antenne initiale, avec élargissement selon l'art antérieur,

c'est-à-dire avec une phase suivant une loi dont la variable de plus faible exposant est une variable à la puissance 2 (diagramme 6), avec un gain, dans l'axe du faisceau, égal à celui de l'antenne du diagramme 5.

**[0014]** L'axe des ordonnées, représentant le gain  $G$ , est gradué en dB, et l'axe des abscisses est gradué en valeurs de variable angulaire normalisée  $v = \eta d/\lambda \sin \theta$ ,

$\lambda$  étant la longueur d'onde de fonctionnement de l'antenne,  $\theta$  l'angle que fait la direction de rayonnement par rapport à la normale au plan de l'ouverture (en l'absence de déflexion du faisceau,  $\theta = 0^\circ$ ), et  $d$  la longueur du grand axe (ou du petit axe, si le plan du diagramme passe par un petit axe) de l'ouverture elliptique de l'antenne.

**[0015]** On notera que si la loi d'illumination n'est pas uniforme en amplitude, la valeur du rapport d'homothétie optimal est liée à la loi particulière envisagée.

**[0016]** Le procédé de l'invention permet ainsi d'obtenir un diagramme de rayonnement dont le lobe principal (de section elliptique dans le présent exemple) décroît de façon monotone depuis le maximum axial (correspondant à la variable  $v = 0$  sur la figure 2) jusqu'à pratiquement zéro (gain nettement inférieur à -30 dB). Par suite de l'annulation de la variable quadratique, ce diagramme présente autour de son axe un méplat remarquable, recherché pour certaines applications. En outre, puisque la loi d'illumination (loi de variation de la distribution du champ électromagnétique sur la surface de l'ouverture de l'antenne) est réelle et paire, le diagramme de rayonnement associé, qui est la transformée de Fourier de cette illumination, est équi-phase, ce qui est également recherché pour certaines applications. Enfin, le caractère réel de la loi d'illumination assure une pente du flanc du lobe principal nettement plus accentuée que celle que produit une loi à phase variable. Aucune de ces propriétés ne peut être obtenue avec les procédés d'élargissement de diagramme de rayonnement de l'art antérieur (sauf pour les cas de faibles élargissements, nettement inférieurs à un facteur multiplicatif de 2, ce qui ne présente pratiquement aucun intérêt). Le procédé de l'invention est particulièrement avantageux si la répartition du champ de l'ouverture de l'antenne est équiampitude, comme c'est par exemple

le cas pour une antenne-réseau à modules actifs en classe C, en régime d'émission.

## Revendications

1. Procédé d'élargissement du diagramme de rayonnement d'une antenne-réseau à balayage électronique à commande de phase, caractérisé en ce qu'il consiste à déterminer, à l'intérieur du contour (1) de l'ouverture rayonnante de l'antenne, un second contour (2) homothétique de celui-ci et concentrique et à appliquer aux éléments se trouvant à l'intérieur du second contour des signaux ayant une première phase donnée, fonction de la déviation désirée du faisceau rayonné, et à ceux se trouvant entre les deux contours une phase décalée de  $180^\circ$  par rapport à la première.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le rapport d'homothétie entre les deux contours est déterminé de façon à maximiser le gain de l'antenne dans la direction de l'axe du faisceau rayonné, à aplanir la courbure du diagramme de rayonnement au voisinage de l'axe du faisceau et à obtenir une loi d'illumination déterminée.
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que la loi d'illumination est équiampitude.
4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'ouverture rayonnante étant une ellipse, ou un cercle, le rapport d'homothétie est de 0,84 environ.
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'antenne est une antenne-réseau.
6. Antenne-réseau à balayage électronique à commande de phase, caractérisé en ce que la phase de ses éléments rayonnants est déterminée selon le procédé de l'une des revendications 1 à 5.

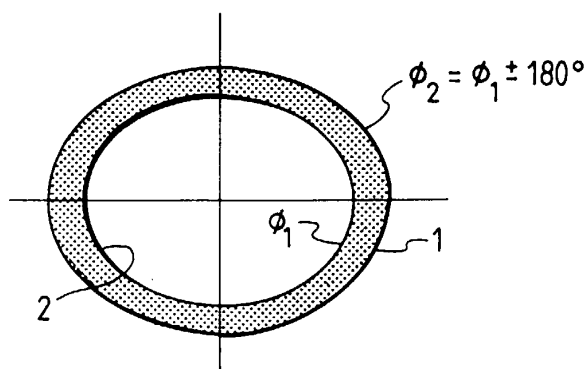


FIG. 1

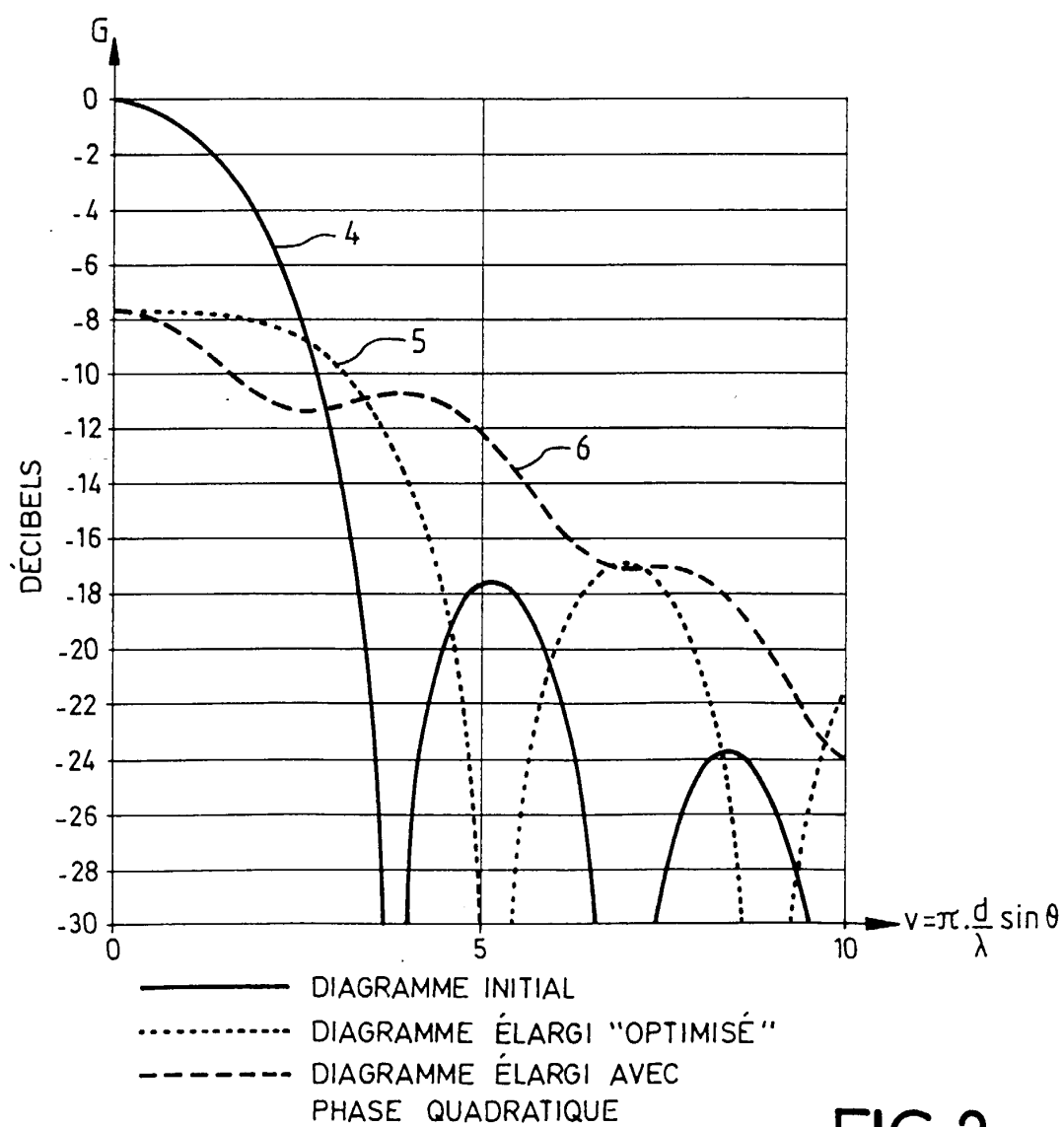


FIG. 2



Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 99 40 2347

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.7)
Y	WO 96 17404 A (NORTHERN TELECOM) 6 juin 1996 (1996-06-06)	1,5,6	H01Q21/22
A	* page 5, ligne 4 - ligne 24 * * page 6, ligne 4 - page 7, ligne 28; revendications 1,2; figures 5A-C,6A-C *	2,3	
Y	DE 37 43 123 A (MITSUBISHI) 7 juillet 1988 (1988-07-07)	1,5,6	
A	* colonne 4, ligne 34 - ligne 48 * * colonne 5, ligne 63 - colonne 6, ligne 14; figure 3A *	1,3,6	
A	WO 88 01106 A (HUGHES AIRCRAFT) 11 février 1988 (1988-02-11) * abrégé; figures 4,5 *	1,2,4-6	
	EP 0 665 607 A (LORAL QUALCOMM SATELLITE) 2 août 1995 (1995-08-02) * colonne 6, ligne 41 - colonne 8, ligne 51; figures 5-8 *		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
			H01Q
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 23 décembre 1999	Examineur Angrabeit, F
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 99 40 2347

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

23-12-1999

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 9617404	A	06-06-1996	DE 69503805 D	03-09-1998
			DE 69503805 T	03-12-1998
			EP 0795211 A	17-09-1997
			JP 11511917 T	12-10-1999
			US 5973641 A	26-10-1999
-----				
DE 3743123	A	07-07-1988	JP 1929720 C	12-05-1995
			JP 6044689 B	08-06-1994
			JP 63175506 A	19-07-1988
			JP 1737329 C	26-02-1993
			JP 4023226 B	21-04-1992
			JP 63157506 A	30-06-1988
			JP 1711687 C	11-11-1992
			JP 3072950 B	20-11-1991
			JP 63157507 A	30-06-1988
			GB 2202092 A,B	14-09-1988
			US 4827270 A	02-05-1989
-----				
WO 8801106	A	11-02-1988	DE 3787797 D	18-11-1993
			DE 3787797 T	21-04-1994
			EP 0275303 A	27-07-1988
			JP 1500476 T	16-02-1989
			US 5233356 A	03-08-1993
-----				
EP 0665607	A	02-08-1995	CN 1106577 A	09-08-1995
			JP 7221532 A	18-08-1995
			US 5504493 A	02-04-1996
-----				

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82