

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 30.09.08.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 02.04.10 Bulletin 10/13.

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

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : THALES Société anonyme — FR.

⑦② Inventeur(s) : CABAN CHASTAS DANIEL, FAU-
QUEMBERGUE JEAN LUC, DANTAN GUY, LE DIOU-
RON JOEL, DRAVET ALAIN et BARBIER THIERRY.

⑦③ Titulaire(s) : THALES Société anonyme.

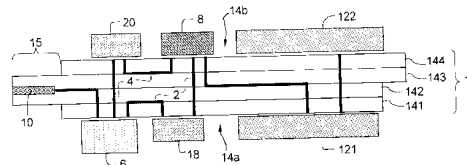
⑦④ Mandataire(s) : MARKS & CLERK FRANCE.

⑤④ MODULE D'EMISSION ET DE RECEPTION DE SIGNAUX HYPERFREQUENCES EN BANDE X SUR CIRCUIT
MULTICOUCHE ET ANTENNE ACTIVE.

⑤⑦ L'invention concerne un module d'émission et de ré-
ception de signaux hyperfréquences en bande X. Le module
comprend une voie d'émission (2), une voie de réception
(4), des moyens d'aiguillage (6) entre les voies d'émission
(2) et de réception (4) et des moyens de contrôle (8). Selon
l'invention, le substrat du module d'émission et de réception
est réalisé par un circuit multicouche (14), les composants
des voies d'émission (2) et de réception (4), des moyens
d'aiguillage (6) et des moyens de contrôle (8) étant implan-
tés sur des faces (14a, 14b) du circuit multicouche (14).

Le module d'émission et de réception selon l'invention
présente notamment pour avantage de pouvoir être réalisé
à partir de matériaux organiques, de permettre un routage
simple entre les composants et de présenter une très gran-
de compacité.

L'invention concerne également une antenne active
comprenant un assemblage de tels modules d'émission et
de réception.



MODULE D'EMISSION ET DE RECEPTION DE SIGNAUX HYPERFREQUENCES EN BANDE X SUR CIRCUIT MULTICOUCHE ET ANTENNE ACTIVE

L'invention se situe dans le domaine des systèmes électroniques et plus particulièrement le domaine des antennes radar aéroportées. Elle concerne un module d'émission et de réception de signaux hyperfréquences en bande X pour antenne active et une antenne comportant un empilement
5 de ces modules d'émission et de réception.

Un module d'émission et de réception remplit généralement plusieurs fonctions parmi lesquelles se trouvent :

- l'amplification et la propagation des signaux,
- le contrôle en amplitude et en phase de ces signaux,
- 10 - l'aiguillage entre les signaux émis et les signaux reçus, et
- la réception et le rayonnement électromagnétique des signaux hyperfréquences.

Les modules d'émission et de réception en bande X sont généralement réalisés à partir de technologie céramique. Un module
15 d'émission et de réception à base de céramique présente plusieurs inconvénients. Un premier inconvénient réside dans le coût de réalisation important. Un deuxième inconvénient est lié au coefficient de dilatation des matériaux céramiques différant largement des coefficients de dilatation des autres composants, en particulier les composants en matériaux organiques.
20 Cette différence de coefficients de dilatation nécessite de limiter la taille du substrat du module d'émission et de réception afin de limiter les contraintes de dilatation entre le module et les autres composants. Par conséquent, soit la taille du module d'émission et de réception lui-même est limitée, limitant de fait la puissance des signaux pouvant être émis, soit le module d'émission et
25 de réception est composé de plusieurs substrats. Des connexions électriques entre les différents substrats sont alors nécessaires, ce qui diminue la fiabilité et augmente la complexité du module d'émission et de réception.

Un but de l'invention est notamment de pallier tout ou partie des
30 inconvénients précités. A cet effet, l'invention a pour objet un module d'émission et de réception de signaux hyperfréquences en bande X comprenant une voie d'émission, une voie de réception, des moyens

d'aiguillage entre lesdites voies et des moyens de contrôle. Selon l'invention, le module d'émission et de réception comprend un circuit multicouche, les composants de la voie d'émission, de la voie de réception, des moyens d'aiguillage et des moyens de contrôle étant implantés sur des faces du
5 circuit multicouche.

Le module d'émission et de réception selon l'invention présente notamment les avantages suivants :

- il peut être réalisé à partir de matériaux organiques, permettant
10 de réduire les coûts, d'assurer la modularité et d'utiliser des technologies fiables et standard ;
- il peut intégrer les parties numériques, analogiques et hyperfréquences, ainsi que les éléments rayonnants sur un même circuit multicouche, permettant une très grande compacité ;
- 15 - il permet un routage simple entre les composants, à la fois pour les signaux basse fréquence et les signaux hyperfréquences.

L'invention a également pour objet une antenne active comprenant un assemblage de modules d'émission et de réception tels que
20 décrits précédemment.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation donné à titre d'exemple, description faite en regard de dessins annexés qui
25 représentent :

- la figure 1, un exemple de réalisation d'un module d'émission et de réception selon l'invention,
- la figure 2, un exemple de réalisation d'un module d'émission et de réception selon l'invention comprenant un dissipateur thermique.

30

La figure 1 représente schématiquement un module d'émission et de réception (E/R) de signaux hyperfréquences. Ce module peut par exemple équiper une antenne active d'un radar aéroporté. Il comprend une voie d'émission 2, une voie de réception 4, des moyens d'aiguillage 6 entre la
35 voie d'émission 2 et la voie de réception 4, des moyens de contrôle 8, et des

éléments rayonnants 10. Les moyens d'aiguillage 6 comportent par exemple des circulateurs hyperfréquences. Ils permettent de séparer la voie d'émission 2 de la voie de réception 4 au pied de l'antenne, c'est-à-dire entre les éléments rayonnants 10 d'une part et les voies d'émission 2 et de réception 4 d'autre part. Les moyens de contrôle 8 comprennent par exemple des moyens de commande de l'amplitude et de la phase des signaux hyperfréquences dans les voies d'émission 2 et de réception 4, le contrôle de la phase des signaux hyperfréquences émis par les éléments rayonnants 10 permettant de diriger l'orientation du faisceau d'antenne. Les moyens de contrôle 8 peuvent également comporter des moyens de commutation. Ces moyens de commutation permettent de commuter la voie d'émission 2 ou la voie de réception 4 sur un port d'entrée/sortie hyperfréquence, ledit port étant relié à des circuits d'émission et de réception couplés à des moyens de traitement 121 et 122. Ces moyens de traitements 121 et 122 peuvent être internes ou externes au module E/R. Les moyens de commutation sont commandés en fonction du mode de fonctionnement du module E/R, à savoir le mode de réception ou le mode d'émission.

Selon l'invention, le module E/R comprend un circuit multicouche 14 sur lequel sont implantés la plupart des composants. En particulier, le circuit multicouche 14 peut accueillir les composants de la voie d'émission 2, de la voie de réception 4, des moyens d'aiguillage 6 et des moyens de contrôle 8. Sur la figure 1, le circuit multicouche 14 représenté comporte quatre couches, une première couche 141 dont une face forme une première surface extérieure 14a du circuit multicouche 14, une deuxième et une troisième couches 142 et 143 formant des couches intermédiaires et une quatrième couche 144 dont une face forme une deuxième surface extérieure 14b du circuit multicouche 14. Bien entendu, le circuit multicouche 14 peut comporter un nombre différent de couches 14x, par exemple de trois à vingt couches de métallisation, en fonction des dimensions globales du circuit multicouche 14 et des composants devant y être implantés.

Selon une forme particulière de réalisation, les éléments rayonnants 10 sont implantés à l'une des extrémités du circuit multicouche 14. Cette forme de réalisation permet de faciliter l'isolation électromagnétique entre les éléments rayonnants 10 et les autres composants du module E/R.

Les éléments rayonnants 10 sont par exemple des pastilles métalliques, connues dans la littérature anglo-saxonne sous le terme "patch", imprimées sur une face de l'une des couches 14x du circuit multicouche 14. Le circuit multicouche 14 peut comporter une couche intermédiaire, par exemple la
5 deuxième couche 142 ou la troisième couche 143, dont une partie 15 forme une saillie sur le circuit multicouche 14. Les éléments rayonnants 10 peuvent alors être implantés sur cette partie 15 en saillie, comme représenté à la figure 1.

10 Dans un exemple de réalisation, représentée à la figure 1, les moyens d'aiguillage 6 et les moyens de contrôle 8 sont implantés sur les surfaces extérieures 14a et 14b, respectivement de la première couche 141 et de la quatrième couche 144. En particulier, les moyens d'aiguillage 6 peuvent être implantés sur la surface extérieure 14a et les moyens de
15 contrôle 8 peuvent être implantés sur la surface extérieure 14b. Cette forme de réalisation permet d'utiliser des composants montés en surface pour les moyens d'aiguillage 6 et les moyens de contrôle 8. Tout ou partie des composants des moyens de traitement 121 et 122 peut également être implanté sur les surfaces extérieures 14a et 14b. Les composants montés en
20 surface des moyens d'aiguillage 6 et des moyens de contrôle 8 peuvent être encapsulés dans des boîtiers hyperfréquences dont la principale fonction est de protéger les composants de l'environnement extérieur, en particulier l'environnement physicochimique et l'environnement électromagnétique. L'encapsulation des composants montés en surface permet alors au module
25 d'E/R d'être soumis à un environnement sévère, tel que le champ électromagnétique émis par les éléments rayonnants 10. L'interface entre les boîtiers hyperfréquences et les couches 14x peut être réalisée par une matrice de billes. Les billes sont réalisées en matériau fusible ou non fusible, par exemple un mélange étain-plomb. Elles permettent à la fois d'assurer le
30 contact électrique entre le boîtier et le circuit imprimé sur lequel il est implanté et l'assemblage du boîtier sur le circuit imprimé. Les boîtiers hyperfréquences dont l'interface est réalisée par une matrice de billes sont connus sous la dénomination de "boîtiers BGA", BGA étant l'acronyme de l'expression anglo-saxonne "Ball Grid Array".

Dans un mode de réalisation, la voie d'émission 2 du module d'E/R comporte un amplificateur de puissance 18. Celui-ci peut par exemple être implanté sur la surface extérieure 14a.

5 Selon une forme particulière de réalisation, la voie de réception 4 comporte un amplificateur faible bruit 20. Celui-ci peut par exemple être implanté sur la surface extérieure 14b. Le choix de la disposition de l'amplificateur de puissance 18 et de l'amplificateur faible bruit 20 permet notamment d'effectuer une gestion des contraintes de dimensions et une
10 gestion de rapports de phase émission/réception.

L'implantation de composants sur les surfaces extérieures 14a et 14b permet de dissiper efficacement la chaleur dégagée par ces composants. Dans un exemple de réalisation, représenté à la figure 2, le
15 module d'E/R comprend un dissipateur thermique 22 dont une première partie 221 est en contact avec l'amplificateur de puissance 18, par exemple par l'intermédiaire d'une pâte thermique 24, cette pâte permettant d'augmenter la conductivité thermique et de compenser les différences de déformations d'origine thermique entre les composants et le dissipateur
20 thermique 22. Le circuit multicouche 14 peut également comporter des puits thermiques 26, tels que des trous métallisés, afin de permettre un transfert de chaleur entre les différentes couches 14x du circuit multicouche 14. Les trous métallisés peuvent être remplis d'une pâte thermique afin d'augmenter la conductivité thermique. En particulier, des puits thermiques 26 peuvent
25 être réalisés entre les surfaces extérieures 14a et 14b. Ainsi, le dissipateur thermique 22 peut également évacuer la chaleur des composants implantés sur le circuit multicouche 14 du côté opposé au dissipateur thermique 22. Conformément à la figure 2, le dissipateur thermique 22 peut comporter une deuxième partie 222 en contact avec les moyens de contrôle 8 par
30 l'intermédiaire des puits thermiques 26 ainsi qu'une troisième partie 223 en contact avec l'amplificateur faible bruit 20 par l'intermédiaire des puits thermiques 26. Bien entendu, dans le cadre de l'invention, le circuit multicouche 14 peut comporter des puits thermiques 26 pour chaque composant du module d'E/R nécessitant une dissipation de chaleur.

L'invention concerne également une antenne active comprenant un assemblage de modules E/R tels que décrits précédemment. Dans un mode de réalisation, les modules E/R sont empilés suivant une direction orthogonale au plan de leurs circuits multicouches 14. Dans un autre mode de réalisation, les modules E/R sont empilés afin de former un réseau d'éléments rayonnants 10. Ce réseau peut par exemple être à maille rectangulaire ou à maille triangulaire, un élément rayonnant 10 étant situé à chaque nœud du réseau. Un tel réseau est rendu possible grâce à la compacité des modules E/R.

REVENDECATIONS

1. Module d'émission et de réception de signaux hyperfréquences en bande X comprenant une voie d'émission (2), une voie de réception (4), des moyens d'aiguillage (6) entre lesdites voies et des moyens de contrôle (8), caractérisé en ce qu'il comprend un circuit multicouche (14), les composants de la voie d'émission (2), de la voie de réception (4), des moyens d'aiguillage (6) et des moyens de contrôle (8) étant implantés sur des faces du circuit multicouche (14).
2. Module selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend des éléments rayonnants (10) implantés à une extrémité du circuit multicouche (14).
3. Module selon la revendication 2, caractérisé en ce que le circuit multicouche (14) comporte une couche intermédiaire (142, 143) dont une partie (15) fait saillie, les éléments rayonnants (10) étant implantés sur la partie (15) en saillie de la couche intermédiaire (142, 143).
4. Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens d'aiguillage (6) sont implantés sur une première surface extérieure (14a) d'une première couche (141) du circuit multicouche (14), les moyens de contrôle (8) étant implantés sur une deuxième surface extérieure (14b) d'une deuxième couche (144) du circuit multicouche (14).
5. Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens d'aiguillage (6) et/ou les moyens de contrôle (8) comprennent des composants montés en surface.
6. Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens d'aiguillage (6) et/ou les moyens de contrôle (8) comprennent des composants du type à matrice de billes.

8

7. Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la voie d'émission (2) comporte un amplificateur de puissance (18) implanté sur la première surface extérieure (14a) de la première couche (141).

5

8. Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la voie de réception (4) comporte un amplificateur faible bruit (20) implanté sur la deuxième surface extérieure (14b) de la deuxième couche (144).

10

9. Module selon la revendication 4 et les revendications 7 et 8, caractérisé en ce qu'il comprend un dissipateur thermique (22) et des puits thermiques (26) entre les surfaces extérieures (14a, 14b) de la première et de la deuxième couche (141, 144) du circuit multicouche (14), une partie (221) du dissipateur thermique (22) étant en contact avec l'amplificateur de puissance (18), une partie (222) étant en contact avec les moyens de contrôle (8) par l'intermédiaire des puits thermiques (26) et une partie (223) étant en contact avec l'amplificateur faible bruit (20) par l'intermédiaire des puits thermiques (26).

20

10. Antenne caractérisée en ce qu'elle comprend un assemblage de modules d'émission et de réception selon l'une quelconque des revendications précédentes.

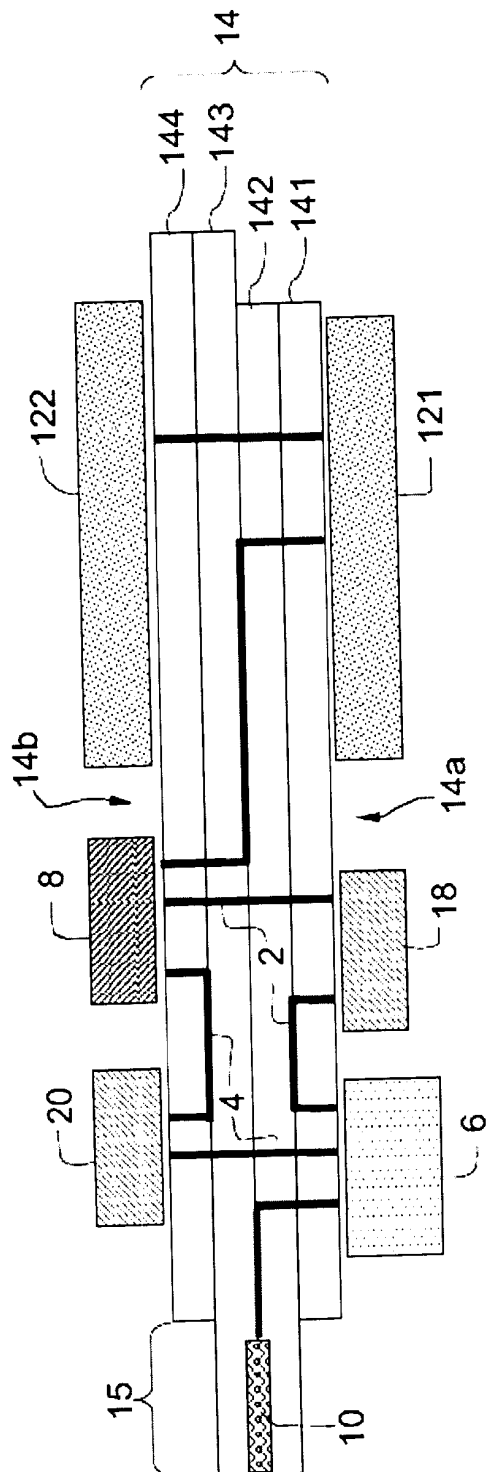


FIG. 1

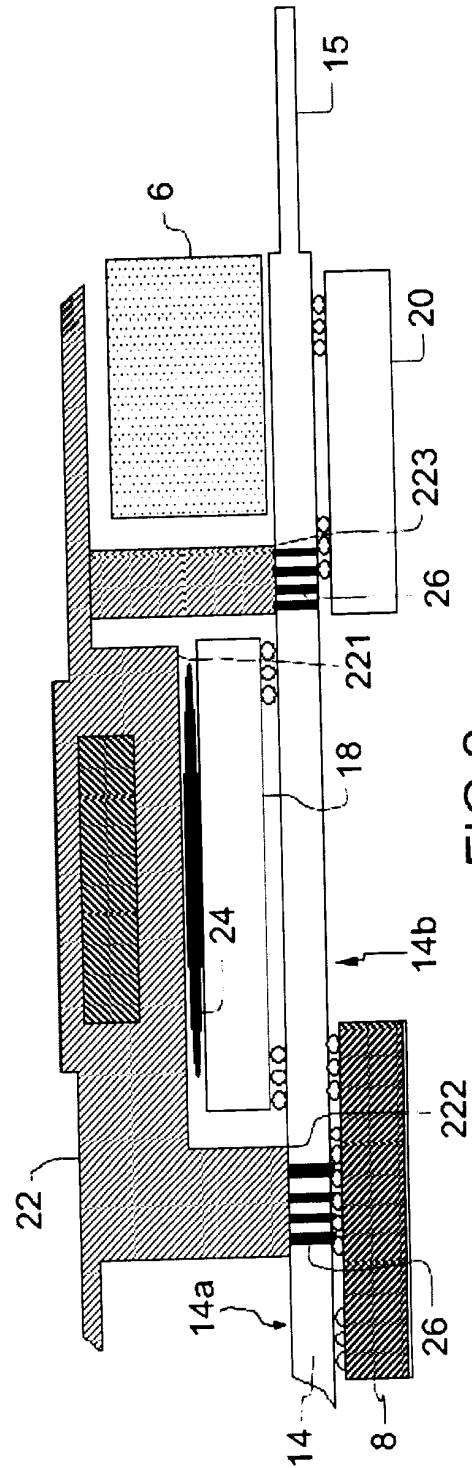


FIG. 2



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 717594
FR 0805373

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	US 4 967 201 A (RICH III EDWARD L [US]) 30 octobre 1990 (1990-10-30) * abrégé; figures 1-4,6-7B * * colonne 1, ligne 6 - colonne 8, ligne 11 *	1-2,4-10	G01S7/28 H01Q9/04 H05K7/20
X	US 2005/046510 A1 (KERNER STEPHEN R [US] ET AL) 3 mars 2005 (2005-03-03) * abrégé; figures 1-3B * * alinéas [0016] - [0028] *	1-2,5-6, 10	
A	LACOMME P: "New trends in airborne phased array radars" PHASED ARRAY SYSTEMS AND TECHNOLOGY, 2003., IEEE INTERNATIONAL SYMPOSI UM ON 14-17 OCT. 2003, PISCATAWAY, NJ, USA,IEEE, 14 octobre 2003 (2003-10-14), pages 17-22, XP010676775 ISBN: 978-0-7803-7827-8 * le document en entier *	1-10	
A	MANCUSO Y: "Thales components and technologies for T / R modules" RADAR CONFERENCE, 2008. RADAR '08. IEEE, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 26 mai 2008 (2008-05-26), pages 1-5, XP031376177 ISBN: 978-1-4244-1538-0 * le document en entier *	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G01S H01Q
		-/--	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
25 juin 2009		Zaneboni, Thomas	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 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			



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 717594
FR 0805373

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		
A	YVES MANCUSO ET AL: "T/R- Modules Technological and Technical Trends for Phased Array Antennas" MICROWAVE SYMPOSIUM DIGEST, 2006. IEEE MTT-S INTERNATIONAL, IEEE, PI, 1 juin 2006 (2006-06-01), pages 614-617, XP031018549 ISBN: 978-0-7803-9541-1 * le document en entier *	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	YOUN ET.AL.: "Design and performance of bilateral interdigital coplanar waveguide phase shifter for rf communication applications" SPIE, PO BOX 10 BELLINGHAM WA 98227-0010 USA, vol. 3, no. 3, 2004, pages 459-466, XP040194804 * le document en entier *	1-10	
A	US 6 094 161 A (CASSEN JOHN W [US] ET AL) 25 juillet 2000 (2000-07-25) * le document en entier *	1-10	
A	US 7 170 446 B1 (WEST JAMES B [US] ET AL) 30 janvier 2007 (2007-01-30) * le document en entier *	1-10	
A	US 7 391 382 B1 (MASON JAMES S [US] ET AL) 24 juin 2008 (2008-06-24) * le document en entier *	1-10	
A	US 2002/049042 A1 (OIDA TOSHIFUMI [JP] ET AL) 25 avril 2002 (2002-04-25) * le document en entier *	1-10	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
25 juin 2009		Zaneboni, Thomas	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 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			

1
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0805373 FA 717594**

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

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **25-06-2009**

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

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4967201	A	30-10-1990	AUCUN	

US 2005046510	A1	03-03-2005	AT 371965 T	15-09-2007
			AU 2004303071 A1	17-03-2005
			CA 2525620 A1	17-03-2005
			DE 602004008653 T2	05-06-2008
			DK 1661207 T3	24-09-2007
			EP 1661207 A1	31-05-2006
			ES 2290766 T3	16-02-2008
			JP 2007504749 T	01-03-2007
			KR 20060083200 A	20-07-2006
			WO 2005025001 A1	17-03-2005

US 6094161	A	25-07-2000	AT 258313 T	15-02-2004
			AU 2472100 A	26-04-2000
			AU 2705200 A	01-05-2000
			CA 2344400 A1	20-04-2000
			CA 2344427 A1	13-04-2000
			DE 69914354 D1	26-02-2004
			DE 69914354 T2	11-11-2004
			EP 1110276 A2	27-06-2001
			EP 1125144 A2	22-08-2001
			JP 2002527724 T	27-08-2002
			JP 2002527971 T	27-08-2002
			WO 0022451 A2	20-04-2000
			WO 0021159 A2	13-04-2000
			US 6278400 B1	21-08-2001
			US 6097335 A	01-08-2000

US 7170446	B1	30-01-2007	AUCUN	

US 7391382	B1	24-06-2008	AUCUN	

US 2002049042	A1	25-04-2002	DE 10129032 A1	10-01-2002
			FI 20011247 A	21-12-2001
			FR 2810495 A1	21-12-2001
			GB 2365629 A	20-02-2002
			JP 3582460 B2	27-10-2004
			JP 2002009225 A	11-01-2002
			SE 522867 C2	16-03-2004
			SE 0102167 A	21-12-2001
