

①②

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 11.04.02.

③⑦ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 17.10.03 Bulletin 03/42.

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

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

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

⑦② Inventeur(s) : RANSQUIN JOHAN et D ABRIGEON
LAURENT.

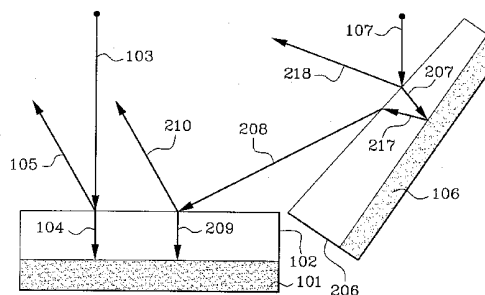
⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : COMPAGNIE FINANCIERE ALCA-
TEL.

⑤④ GÉNÉRATEUR PHOTOVOLTAÏQUE A CONCENTRATION PROTÉGÉ CONTRE L'ÉCHAUFFEMENT.

⑤⑦ L'invention concerne les générateurs photovoltaïques
à concentration qui sont protégés contre l'échauffement dû
à la fraction du rayonnement solaire qui ne permet pas d'ex-
citer les cellules photovoltaïques (101) formant ce généra-
teur.

Elle consiste à recouvrir le concentrateur (106) qui réflé-
chit le flux solaire (107) vers les cellules photovoltaïques
(101) avec un filtre (206) qui permet d'éliminer la partie «
inutile » du rayonnement réfléchi. On utilise pour cela soit un
matériau absorbant, soit une disposition en biais ou en
échelons de Fresnel de la face extérieure (107) de cette
couche transparente permettant de réfléchir cette partie «
inutile » en dehors des cellules photovoltaïques (101).



GENERATEUR PHOTOVOLTAÏQUE A CONCENTRATION
PROTEGE CONTRE L'ECHAUFFEMENT.

5 La présente invention se rapporte aux générateurs photovoltaïques qui fonctionnent avec concentration de la lumière incidente et qui sont protégés contre les effets de l'échauffement supplémentaire induit par cette concentration. Elle s'applique plus spécialement aux
10 générateurs photovoltaïques utilisés dans les satellites artificiels et qui fonctionnent à partir de la lumière solaire.

 Il est connu pour alimenter les satellites artificiels en énergie électrique d'utiliser un
15 générateur photovoltaïque tel que représenté sommairement et partiellement en vue de bout sur la figure 1.

 Ce générateur comprend un ensemble de cellules photovoltaïques 101 recouvert d'une lame transparente 102. Cette lame transparente sert d'une part à protéger
20 la surface des cellules, et d'autre part à filtrer le rayonnement solaire direct reçu 103 de manière à ne laisser arriver sur les cellules que le rayonnement utile 104 et à réfléchir le rayonnement inutile (infrarouge et ultraviolet par exemple) 105, car il ne peut pas être
25 absorbé par les cellules pour produire de l'électricité. Dans la pratique cette séparation est imparfaite et la réflexion n'est pas totale. Une partie du rayonnement 105 pénètre donc dans la couche 102 où elle est en grande partie absorbée, une faible partie arrivant au niveau de
30 la cellule où elle est là aussi absorbée mais sans produire d'électricité.

Cette absorption partielle, tant par la couche 102 que par la cellule 101, provoque un échauffement supplémentaire de l'ensemble, qui vient s'ajouter à celui du fonctionnement normal de la cellule (effet Joule, pertes diverses). Cet échauffement parasite entraîne une augmentation de la température de fonctionnement de la cellule et, consécutivement, une baisse du rendement photovoltaïque, car les performances d'une cellule se dégradent lorsque la température augmente.

Les cellules photovoltaïques sont des organes coûteux et délicats et leur assemblage en panneaux nécessite une structure dont le poids n'est pas négligeable. En outre l'effet du rayonnement solaire direct ne les amène nullement à saturation en ce qui concerne la conversion photovoltaïque.

Il est donc connu, pour augmenter la puissance électrique fournie par un panneau de dimensions données, de concentrer la lumière solaire sur la surface des cellules solaires le recouvrant. Pour cela, on utilise le plus généralement une solution simple consistant à entourer ce panneau, ou plus localement les cellules, de réflecteurs plans inclinés tel que le réflecteur 106. On n'a représenté sur la figure, à titre de simplification, qu'un seul de ces réflecteurs, mais il est d'usage d'en utiliser plusieurs, au moins deux situés de part et d'autre du panneau, ou plus localement entre des rangées de cellules sur le panneau..

Le flux solaire 107 arrivant alors sur ce concentrateur est réfléchi vers la surface de la couche 102 sous la forme d'un flux réfléchi 108. Comme dans le cas du flux direct 103, la partie utile du rayonnement

réfléchi pénètre dans la couche 102 sous la forme d'un flux 109 pour venir exciter la cellule 101. L'autre partie est réfléchiée sous la forme d'un flux 110. Les effets du flux provenant du concentrateur sont les mêmes que ceux du flux direct et entraînent donc un échauffement supplémentaire du panneau solaire, d'autant plus grand que la concentration est plus grande.

Cet échauffement supplémentaire entraîne une chute de rendement de conversion photovoltaïque car les performances des cellules solaires se dégradent lorsque leur température de fonctionnement augmente. Ce phénomène contrebalance donc un peu l'intérêt de l'utilisation d'un concentrateur.

En outre, les concentrateurs 106 sont constitués de surfaces réfléchissantes simples, généralement métalliques, pour être les plus légers possible. Ces surfaces n'absorbent pratiquement pas le flux incident 107 et le renvoient en totalité sous forme du flux réfléchi 108.

Dans ces conditions, la température de fonctionnement des concentrateurs 106 est froide.

Ces concentrateurs deviennent alors des pièges froids importants pour toutes les molécules qui circulent et leur surface se pollue rapidement, ce qui entraîne une baisse importante de leur efficacité réflective, et finalement une chute elle-même importante de l'efficacité de l'ensemble du générateur photovoltaïque.

Pour pallier ces inconvénients, l'invention propose un générateur photovoltaïque à concentration, comprenant au moins une cellule photovoltaïque recouverte par une couche de protection transparente, et un concentrateur

réfléchissant, principalement caractérisé en ce que le concentrateur est recouvert d'un filtre pour éliminer dans le flux lumineux réfléchi par le concentrateur vers la cellule photoélectrique la plus grande partie des rayonnements « inutiles » ne pouvant pas exciter la cellule photovoltaïque.

Selon une autre caractéristique, le filtre est formé d'une couche réalisée en matériaux absorbant la partie « inutile » des rayonnements.

10 Selon une autre caractéristique, la couche formant le filtre est d'épaisseur constante.

Selon une autre caractéristique, le filtre est formé d'une couche dont la face extérieure est orientée pour dévier ces rayonnements « inutiles » en dehors de la cellule photovoltaïque.

Selon une autre caractéristique, la couche transparente est d'épaisseur décroissante pour que sa face extérieure ne soit pas parallèle à la surface réfléchissante du concentrateur.

20 Selon une autre caractéristique, la face extérieure de la couche transparente formant le filtre est gravée en échelons de Fresnel.

D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront clairement dans la description suivante, présentée à titre d'exemple non limitatif en regard des figures annexées qui représentent :

- la figure 1, une vue de bout d'un générateur selon l'art antérieur ;

- la figure 2 une vue dans les mêmes conditions d'un générateur selon un premier mode de réalisation de l'invention ; et

- la figure 3, une vue dans les mêmes conditions d'un générateur selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

L'invention consiste donc à disposer sur le panneau
5 concentrateur 106 un filtre qui permet de limiter le rayonnement réfléchi vers les cellules photoélectriques essentiellement aux longueurs d'onde utilisables par celles-ci. Dans une variante, les rayonnements aux longueurs d'onde ainsi éliminées sont absorbés au niveau
10 du concentrateur pour réchauffer celui-ci afin de lui éviter de se transformer en piège froid.

Dans un premier mode de réalisation, représenté en figure 2, le concentrateur 106 est recouvert d'une couche transparente 206 dont la face extérieure 116 est inclinée
15 par rapport au plan de la face réflectrice du concentrateur 106, de manière à ce que le flux lumineux 107 soit divisé en deux parties. Une première partie 207, correspondant aux longueurs d'onde utiles à la conversion photoélectrique, pénètre dans le filtre, est
20 réfléchie par le concentrateur 106 sous la forme d'un flux 217, puis ressort par la face inclinée du filtre 206 pour se réfracter en formant un faisceau 208 dirigé vers la face supérieure de la couche transparente 102 qui protège les cellules 101.

25 Une deuxième partie 218 du flux 107, correspondant aux longueurs d'ondes non utiles pour la conversion photoélectrique, est réfléchie par réflexion totale sur la face supérieure du filtre 206 sous la forme d'un flux 218 qui est dirigé vers l'espace extérieur au dispositif
30 photoélectrique.

Compte tenu des imperfections inévitables et des effets de transition, le flux 208 contient cependant un certain pourcentage de longueurs d'ondes non utiles dont une partie est réfléchie sous la forme d'un flux 210 et
5 une partie résiduelle vient quand même contribuer à l'échauffement parasite des cellules 101. Toutefois cet effet est plus faible qu'en l'absence de filtre.

Les inclinaisons nécessaires du concentrateur 106 par rapport aux cellules 101 et de la face extérieure 116
10 du filtre 206 par rapport à ce concentrateur sont étudiées pour qu'il y ait bien réflexion totale des longueurs d'onde inutiles sur cette face inclinée 116 (on rappelle que la réfraction au passage d'un milieu dans un autre, et donc la réflexion totale éventuelle, dépendent
15 de la longueur d'onde des rayons lumineux, ce qui permet cette séparation), et pour que la combinaison de la réflexion sur le concentrateur 106 et de la réfraction au passage de la face 116 permettent de diriger les longueurs d'onde utiles vers la surface extérieure de la
20 couche transparente 102.

Dans l'exemple représenté sur la figure, le filtre 206 est réalisé sous la forme d'une lame relativement épaisse dont l'épaisseur va en s'amenuisant d'une extrémité à l'autre de la surface du concentrateur 106
25 pour obtenir l'inclinaison souhaitée. Ceci provoque une augmentation relativement importante du poids de l'ensemble, qui n'est pas forcément souhaitable.

Dans une variante de réalisation, le filtre 206 sera formé d'une couche transparente réfractrice dont
30 l'épaisseur moyenne sera sensiblement constante et la plus faible possible. Pour obtenir alors l'effet désiré,

la face extérieure 116 de cette couche sera usinée en échelons de Fresnel de façon à obtenir localement l'effet désiré tout en limitant l'épaisseur globale du filtre.

Dans un deuxième mode de réalisation, représenté en figure 3, on utilise un filtre 306 placé sur la surface réfléchissante du concentrateur 106 et qui est formé d'une lame plane d'épaisseur uniforme. Cette lame est réalisée dans un matériau absorbant pour les composantes « inutiles » du flux solaire incident 107, mais transparent pour les composants « utiles » de ce même flux (celles qui permettent d'obtenir une conversion photoélectrique dans les cellules 101).

On pourra pour cela utiliser soit un matériau absorbant massif, connu dans l'art, soit une combinaison de couches minces réfléchissantes d'indice différent, connues elles-mêmes dans l'art, soit une combinaison des deux.

Dans l'exemple de réalisation représenté, les angles et l'indice de réfraction du matériau composant la couche 306 sont choisis pour que le trajet 307 du flux solaire dans la couche 306 soit le même à l'aller et au retour, la réflexion sur le concentrateur 106 se faisant selon une direction normale à la surface de celui-ci. Ce n'est qu'un cas particulier et ces trajets pourront être différents, de la même manière que sur la figure 2.

A la sortie du filtre 306, le flux solaire 308 est donc grandement débarrassé de ces composantes « inutiles » et il vient alors frapper la surface extérieure de la couche transparente 102 pour venir exciter les cellules 101 selon un trajet 309 dû à la réfraction.

Comme dans le premier exemple de réalisation, une partie de ce flux « inutile » est réfléchié sur la surface de la couche transparente 102 pour former un flux 310 qui vient se perdre dans le vide stellaire, et seule
5 une partie infime de ce rayonnement « inutile » est contenu dans le flux 309 et vient contribuer de manière très faible à l'échauffement parasites des cellules 101.

La séparation entre le flux « utile » et le flux « inutile » est éventuellement plus faible dans ce deuxième
10 mode de réalisation qui est cependant préféré car on obtient un avantage supplémentaire qui consiste dans le réchauffement du concentrateur 106 et de son filtre 306. Cette augmentation de température de fonctionnement permet de limiter de manière considérable le piégeage des
15 molécules et des particules parasites rencontrées dans l'espace et permet donc de maintenir pratiquement constant le pouvoir réflecteur du concentrateur.

REVENDICATIONS

1 Générateur photovoltaïque à concentration,
5 comprenant au moins une cellule photovoltaïque (101)
recouverte par une couche de protection transparente
(102), et un concentrateur réfléchissant (106),
caractérisé en ce que le concentrateur (106) est
recouvert d'un filtre (206, 306) pour éliminer dans le
10 flux lumineux (208) réfléchi par le concentrateur (106)
vers la cellule photoélectrique (101) la plus grande
partie des rayonnements « inutiles » (218) ne pouvant pas
exciter la cellule photovoltaïque (101).

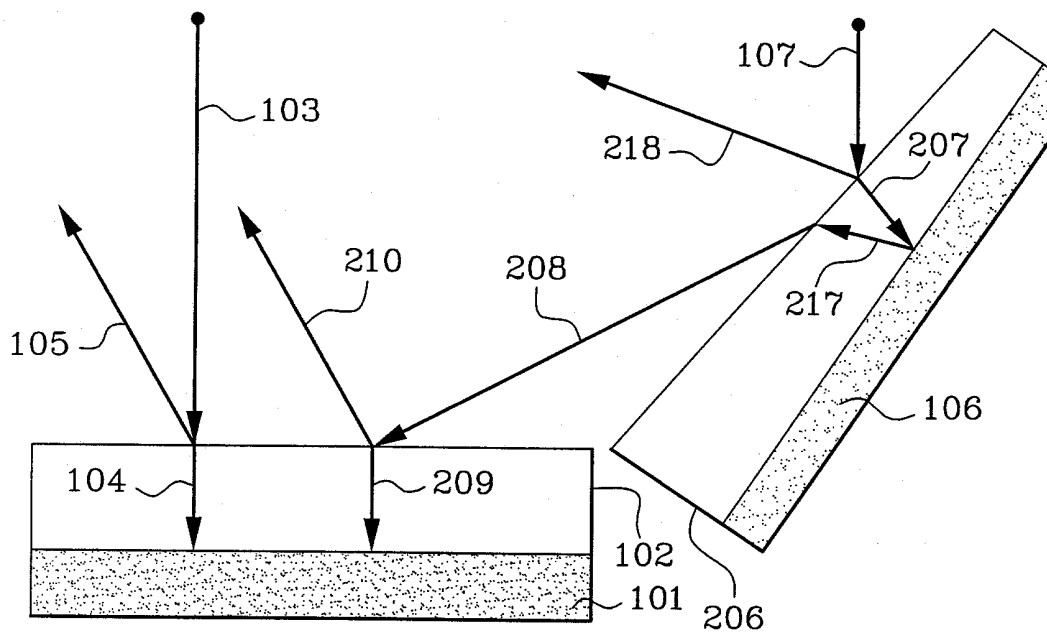
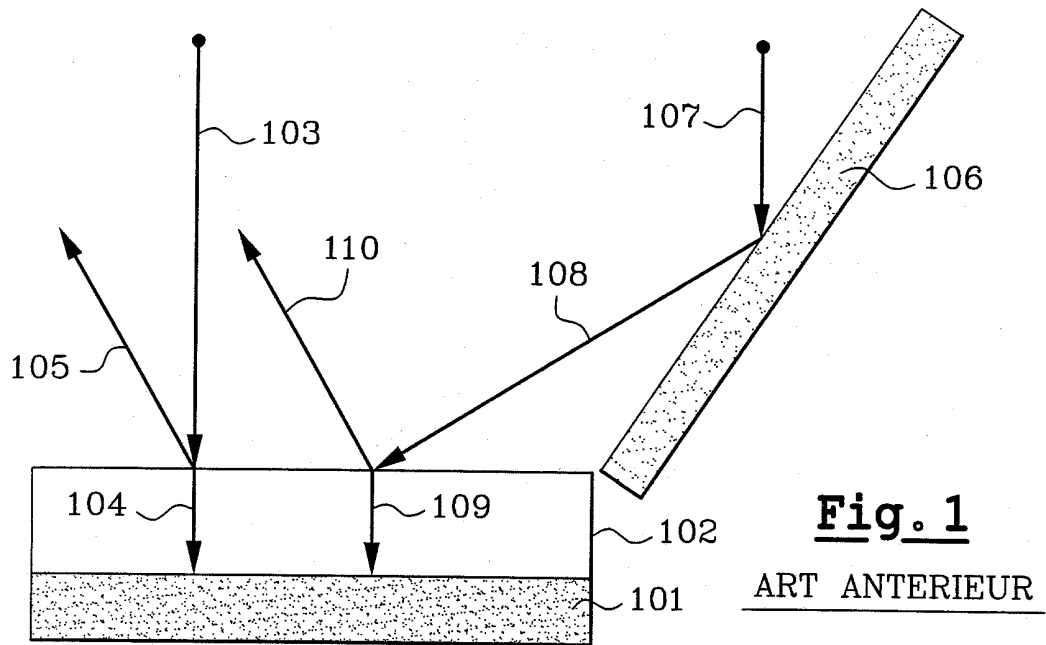
15 2 Générateur selon la revendication 1, caractérisé
en ce que le filtre est formé d'une couche (306) réalisée
en matériaux absorbant la partie « inutile » des
rayonnements.

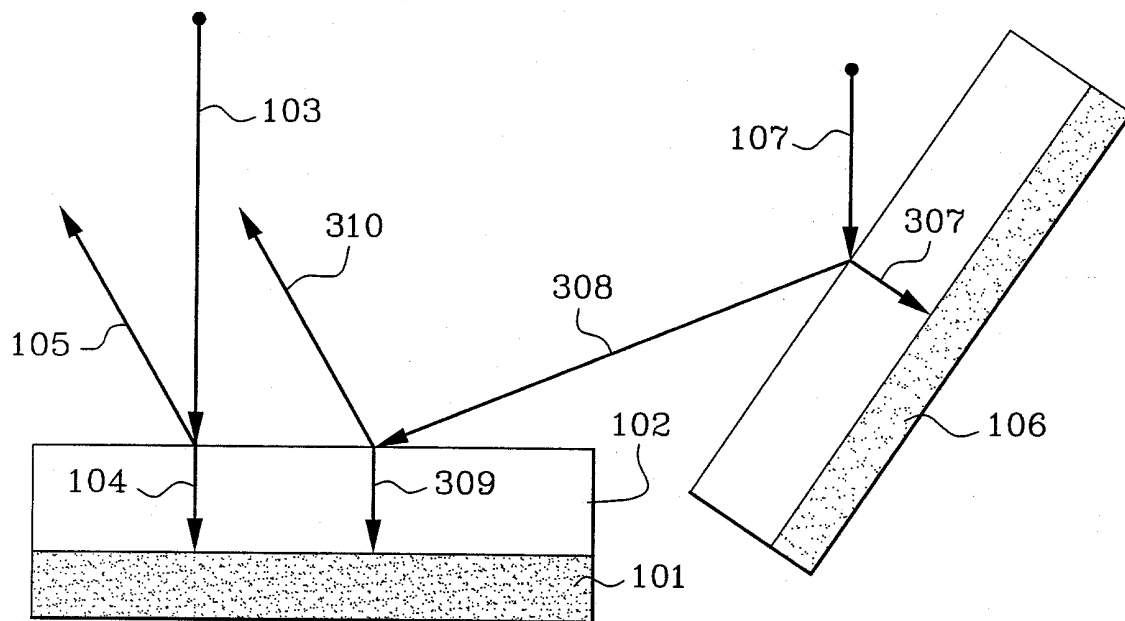
20 3 Générateur selon la revendication 2, caractérisée
en ce que la couche (306) formant le filtre est
d'épaisseur constante.

25 4 Générateur selon l'une quelconque des
revendication 1 et 2, caractérisé en ce que le filtre
(206) est formé d'une couche dont la face extérieure
(116) est orientée pour dévier ces rayonnements
« inutiles » (218) en dehors de la cellule photovoltaïque
(101).

5 Générateur selon la revendication 4, caractérisé en ce que la couche transparente (206) est d'épaisseur décroissante pour que sa face extérieure (116) ne soit pas parallèle à la surface réfléchissante du
5 concentrateur (106).

6 Générateur selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce que la face extérieure de la couche transparente formant le filtre
10 (206) est gravée en échelons de Fresnel.



**Fig. 3**

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

2838564

N° d'enregistrement
national

FA 620001
FR 0204528

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	DE 31 30 226 A (MASCHF AUGSBURG NUERNBERG AG) 17 février 1983 (1983-02-17) * page 4, ligne 9 - page 7; figures 1,2 * ---	1,3	H01L31/042
X	DE 31 09 284 A (INTERATOM) 30 septembre 1982 (1982-09-30) * page 10, ligne 25 - page 12, ligne 30; figures 1,2 * ---	1-3	
X	D.E. OSBORN ET AL.: "Spectral selectivity applied to hybrid concentration systems" SOLAR ENERGY MATERIALS., vol. 14, no. 3-5, novembre 1986 (1986-11), pages 299-325, XP002226708 ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS B.V. AMSTERDAM., NL * page 304 - page 305; figure 18 * ---	1,3	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 009, no. 315 (E-365), 11 décembre 1985 (1985-12-11) & JP 60 148174 A (SEIKOUSHIYA:KK), 5 août 1985 (1985-08-05) * abrégé * ---	1,3	
A	US 4 278 829 A (POWELL ROGER A) 14 juillet 1981 (1981-07-14) * le document en entier * ---	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 309 (E-547), 8 octobre 1987 (1987-10-08) & JP 62 101085 A (NEC CORP), 11 mai 1987 (1987-05-11) * abrégé * ---	1,3,6	H01L
		-/--	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
9 janvier 2003		Visentin, A	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		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	
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			

2

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

2838564

N° d'enregistrement
national

FA 620001
FR 0204528

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	US 5 658 448 A (LASICH JOHN BEAVIS) 19 août 1997 (1997-08-19) * le document en entier *	1	
A	EP 0 019 016 A (MICHAEL SIMON DIPL ING) 26 novembre 1980 (1980-11-26)		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
9 janvier 2003		Visentin, A	
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	

2

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0204528 FA 620001

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 09-01-2003.
 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
DE 3130226 A	17-02-1983	DE 3130226 A1	17-02-1983
DE 3109284 A	30-09-1982	DE 3109284 A1	30-09-1982
		ES 8303822 A1	01-05-1983
		GR 81543 A1	11-12-1984
		IT 1190713 B	24-02-1988
JP 60148174 A	05-08-1985	JP 1868277 C	26-08-1994
		JP 4076228 B	03-12-1992
US 4278829 A	14-07-1981	AUCUN	
JP 62101085 A	11-05-1987	AUCUN	
US 5658448 A	19-08-1997	AT 182635 T	15-08-1999
		AU 691792 B2	28-05-1998
		AU 5553994 A	22-06-1994
		WO 9412690 A1	09-06-1994
		DE 69325817 D1	02-09-1999
		DE 69325817 T2	17-02-2000
		EP 0670915 A1	13-09-1995
		EP 0927857 A2	07-07-1999
		ES 2137349 T3	16-12-1999
		GR 3031665 T3	29-02-2000
		JP 8503738 T	23-04-1996
		US 5973825 A	26-10-1999
EP 0019016 A	26-11-1980	DE 2855553 A1	31-07-1980
		EP 0019016 A2	26-11-1980
		FR 2472146 A1	26-06-1981