



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt : **93400256.9**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup> : **H01P 1/22**

(22) Date de dépôt : **02.02.93**

(30) Priorité : **07.02.92 FR 9201406**

(43) Date de publication de la demande :  
**11.08.93 Bulletin 93/32**

(84) Etats contractants désignés :  
**DE FR GB IT SE**

(71) Demandeur : **THOMSON-CSF**  
**51, Esplanade du Général de Gaulle**  
**F-92800 Puteaux (FR)**

(72) Inventeur : **Campan, Yves**  
**THOMSON-CSF, SCPI, BP 329**  
**F-92402 Courbevoie Cedex (FR)**

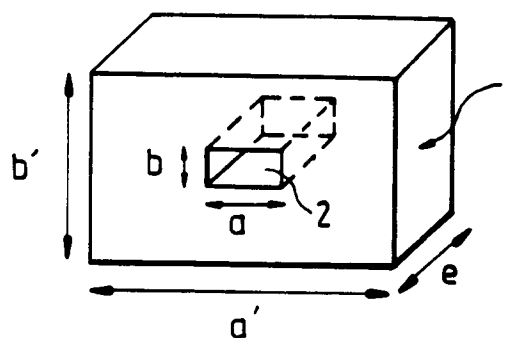
(74) Mandataire : **Benoit, Monique et al**  
**THOMSON-CSF, SCPI, B.P. 329, 50, rue**  
**Jean-Pierre Timbaud**  
**F-92402 Courbevoie Cédex (FR)**

(54) **Guide d'ondes hyperfréquences à pertes d'énergie, applications et procédé de fabrication d'un tel guide.**

(57) La présente invention concerne un guide d'ondes hyperfréquences à pertes d'énergie réalisé à partir d'un bloc (1) de matériau très absorbant, de forte constante diélectrique et de forte tangente de pertes, dans lequel on effectue un trou (2) dont la forme et les dimensions de section (a, b) dépendent des contraintes imposées pour la propagation guidée d'une onde donnée, et dont la profondeur (e) détermine les pertes d'énergie.

Ce guide d'ondes peut être utilisé dans n'importe quel type de circuits hyperfréquences comportant des guides d'ondes de toutes sortes, et réaliser, suivant sa place dans le circuit, la fonction d'atténuateur d'énergie, d'isolateur ou bien de terminaison.

Dans ces différentes fonctions, le guide d'ondes de l'invention présente les grands avantages d'avoir une longueur bien inférieure, pour une même atténuation, à celle des guides d'ondes existant, et d'être simple de fabrication.



**FIG.1a**

La présente invention concerne un guide d'ondes hyperfréquences à pertes d'énergie, des applications et un procédé de fabrication d'un tel guide.

En règle générale, la finalité d'un guide d'ondes est de propager certains modes d'une onde dans une bande de fréquences donnée, avec le minimum de pertes d'énergie. Pour les ondes hyperfréquences, les guides d'ondes sont généralement métalliques, les parois du guide étant constituées d'un métal conducteur le plus parfait possible pour diminuer au mieux les pertes par effet Joule. Il peut cependant être intéressant d'introduire volontairement des pertes d'énergie en vue de réaliser des atténuateurs hyperfréquences.

En effet, il est connu de réaliser des atténuateurs d'énergie hyperfréquences au moyen de guides d'ondes à l'intérieur desquels on insère, parallèlement au champ électrique, un ou plusieurs couteaux constitués d'un matériau absorbant une partie de l'énergie. L'atténuation d'énergie est alors proportionnelle à l'enfoncement du couteau dans le guide.

On sait également réaliser un atténuateur en déplaçant, à l'intérieur d'un guide d'ondes, une lame disposée parallèlement aux petites faces du guide, depuis le bord du guide (atténuation minimale) jusqu'au centre de celui-ci (atténuation maximale).

Or, dès lors qu'il s'agit d'appliquer ces techniques à des guides de petites dimensions pour la propagation d'ondes aux fréquences élevées, typiquement pour les ondes millimétriques, on se heurte à des difficultés de réalisation tant au niveau de la dimension du couteau ou de la lame que de la précision de l'atténuation recherchée.

D'autre part, les atténuateurs obtenus par ces techniques présentent une longueur d'environ 40 mm en bande W, ce qui peut s'avérer très gênant dans bon nombre d'applications pour lesquelles la qualité de faible encombrement peut s'imposer.

La présente invention a pour but de pallier les inconvénients précédents en proposant un guide d'ondes hyperfréquences à pertes d'énergie qui présente les avantages d'être simple à fabriquer et de posséder une longueur ou profondeur fortement réduite par rapport à celle des atténuateurs existants.

Plus précisément, l'invention a pour objet un guide d'ondes hyperfréquences à pertes d'énergie, caractérisé en ce qu'il est constitué d'un bloc d'un matériau très absorbant, de forte constante diélectrique E sensiblement supérieure ou égale à 10 et de forte tangente de pertes D sensiblement supérieure ou égale à 0,1, ledit bloc comportant un trou ayant la forme et les dimensions de section requises pour la propagation guidée d'une onde donnée, et une profondeur déterminée par les pertes recherchées.

Le guide d'ondes à pertes selon l'invention peut être utilisé dans n'importe quel type de circuits hyperfréquences comportant des guides d'ondes. Aussi, un autre objet de la présente invention concerne un cir-

cuit hyperfréquence comportant au moins un premier guide d'ondes et un guide d'ondes à pertes selon les revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit guide d'ondes à pertes possède deux extrémités dont l'une est raccordée au premier guide d'ondes.

La présente invention propose également un procédé de fabrication d'un guide d'ondes hyperfréquences à pertes d'énergie selon les revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il consiste à percer un trou à l'aide d'une fraiseuse dans un bloc d'un matériau très absorbant, de forte constante diélectrique E et de forte tangente de pertes D, ledit trou ayant la forme et les dimensions de section requises pour la propagation guidée d'une onde donnée, et une profondeur déterminée par les pertes recherchées.

L'invention, ainsi que ses avantages, sera mieux comprise au vu de la description suivante faite en référence aux figures annexées :

- les figures 1a et 1b représentent un guide d'ondes hyperfréquences respectivement rectangulaire et circulaire, selon l'invention ;
- les figures 2a et 2b donnent les courbes d'atténuation d'énergie en fonction de la profondeur du guide selon l'invention, respectivement pour un guide circulaire et un guide rectangulaire, pour un matériau donné ;
- les figures 3a à 3c représentent un exemple de connexion du guide d'ondes à pertes selon l'invention à un guide d'ondes quelconque dans un circuit hyperfréquence.

Sur les figures 1a et 1b sont représentés des guides d'ondes hyperfréquences à pertes d'énergie, l'un étant rectangulaire, l'autre circulaire. Selon l'invention, le guide d'ondes à pertes est réalisé à partir d'un bloc 1 d'un matériau absorbant, de forte constante diélectrique E et de forte tangente de pertes D, dans lequel on effectue un trou 2. La forte constante diélectrique E est essentielle pour qu'une onde donnée puisse être guidée. La forte tangente de pertes D garantit l'absorption d'une partie de l'énergie de l'onde lors de son passage à travers le guide d'ondes. La forme et les dimensions de la section du trou 2 sont celles requises pour la propagation guidée d'une onde donnée: Dans le cas de la figure 1a, on sait que pour transmettre par exemple les modes  $TE_{no}$  jusqu'à un ordre k dans une bande de fréquences donnée  $[f_1, f_2]$ , il faut choisir des dimensions (a, b) de section du trou telles que

$$\begin{cases} b < \frac{\lambda_2}{2} \\ k \frac{\lambda_1}{2} < a < (k+1) \frac{\lambda_2}{2} \end{cases}$$

avec  $[\lambda_2, \lambda_1]$  l'intervalle de longueurs d'ondes correspondant à la bande  $[f_1, f_2]$ .

La profondeur du trou 2 dépend quant à elle des pertes d'énergie recherchées, selon le matériau utilisé et la fréquence de travail. Sur les figures 1a et 1b, le trou 2 a une profondeur égale à l'épaisseur  $e$  du bloc 1. L'invention prévoit également d'effectuer un trou dont la profondeur est inférieure à cette même épaisseur  $e$  (trou borgne) afin de réaliser une terminaison de circuit hyperfréquence. Préférentiellement, les dimensions externes de la section du bloc 1 sont choisies de manière à éviter tous rayonnements parasites vers l'espace libre. Sur les figures 1a et 1b, cette section est rectangulaire, de dimensions externes ( $a'$ ,  $b'$ ), ce qui ne constitue en rien une limitation sur la forme de la section. Le matériau utilisé est préférentiellement le MF116 fabriqué et commercialisé par Emerson et Cuming.

Ce matériau est à base de poudre de fer et de carbone, et possède une constante diélectrique  $E$  sensiblement égale à 10 et une tangente de pertes  $D$  d'environ 0,2.

D'une manière générale, on peut obtenir des résultats satisfaisants en utilisant tout matériau absorbant possédant une constante diélectrique  $E$  supérieure ou égale à 10, et une tangente de pertes  $D$  supérieure ou égale à 0,1.

En utilisant le matériau MF 116, la Demanderesse a étudié, pour des guides de dimensions de section standards, les courbes donnant l'atténuation du guide en décibels en fonction de la profondeur du trou en millimètres, cette profondeur étant égale à l'épaisseur  $e$  du bloc (trou traversant). Les résultats sont représentés sur les figures 2a et 2b pour une fréquence  $F_0$  donnée comprise entre 90 GHz et 100 GHz. Pour ce qui concerne le guide rectangulaire selon l'invention (figure 2b), une atténuation d'environ 8 dB peut être obtenue avec une profondeur de 2,7 mm, et une profondeur de seulement 6 mm permet d'avoir 18 dB de pertes.

Or, dans les techniques antérieures, les atténuateurs fonctionnant en bande W présentent une longueur d'environ 40 mm pour atténuer l'énergie d'environ 15 dB.

La diminution de la longueur du guide d'ondes à pertes selon l'invention est donc considérable et présente un grand avantage dans bon nombre d'applications où la qualité de faible encombrement est primordiale.

Les performances sont un peu moins bonnes dans le cas du guide circulaire selon l'invention (figure 2a) car l'atténuation dépend de la longueur d'onde de phase qui est, dans ce cas précis, plus petite, mais demeurent cependant supérieures aux performances actuelles.

Un autre avantage non négligeable du guide d'ondes à pertes proposé par l'invention est qu'il peut avoir toutes les configurations souhaitées (rectangulaire, circulaire, elliptique, à nervure,...). Il faut pour cela réaliser un trou de la forme souhaitée, par exem-

ple avec une fraiseuse. Pour les matériaux du type MF116 qui sont assez durs, on utilise préférentiellement une fraise au carbure.

Les applications du guide d'ondes à pertes selon l'invention sont nombreuses, tant sur les bancs de mesures hyperfréquences que pour des antennes à voies multiples pour lesquelles on désire équilibrer les voies :

Le guide d'ondes à pertes selon l'invention peut être utilisé dans tout circuit hyperfréquence comportant au moins un guide d'ondes de forme quelconque pour la propagation guidée d'une onde. Il est raccordé à ce dernier par une de ses extrémités. Préférentiellement, le guides d'ondes à pertes a les mêmes dimensions et la même forme de section que la section interne du guide d'ondes auquel il est raccordé, afin de ne pas introduire de désadaptation. La fonction du guide à pertes dépend de sa place dans le circuit hyperfréquence : s'il est disposé entre deux guides d'ondes, il joue le rôle d'atténuateur. Il est également possible de l'utiliser en tant que terminaison ou charge, en plaçant un court-circuit à son autre extrémité. Cette terminaison est adaptée ou non suivant la profondeur du trou. En bande W, une profondeur de trou de 7 mm est suffisante pour obtenir un coefficient de réflexion d'environ -35 dB. On peut également s'affranchir du court-circuit en réalisant un guide borgne, c'est-à-dire un guide dont le trou a une profondeur inférieure à l'épaisseur du bloc de matériau absorbant utilisé. L'épaisseur supplémentaire doit alors être suffisante pour absorber toute l'énergie restante.

Dans le domaine des études hyperfréquences réalisées sur des bancs de mesures, les circuits hyperfréquences comportent souvent un ou plusieurs éléments imparfaits à TOS (Taux d'ondes stationnaires) élevé, susceptibles par conséquent de réfléchir des ondes. Pour pallier ce problème, on utilise des isolateurs qui atténuent les ondes réfléchies, réduisant ainsi le TOS. Les isolateurs existants, d'une longueur d'environ 7 cm en bande W, sont par conséquent très encombrants. Or, le guide d'ondes à pertes selon l'invention peut jouer le rôle d'un isolateur puisqu'il absorbe non seulement une partie de l'énergie de l'onde incidente, mais aussi tout ou partie de l'énergie réfléchie. En ajustant l'épaisseur  $e$  du bloc 1, il est possible de réaliser un isolateur de faible dimension.

Les figures 3a à 3b représentent un mode de connexion possible selon l'invention du guide d'ondes hyperfréquences à pertes d'énergie à un autre guide d'ondes quelconque, référencé 3. Le guide d'ondes 3 possède au moins une bride 3b de section généralement plane et de dimensions ( $a'$ ,  $b'$ ) supérieures aux dimensions ( $a$ ,  $b$ ) du guide 3. Comme le montre la figure 3b, cette bride 3b comporte une pluralité de tiges 5, préférentiellement filetées, et de trous 6 en vue de connecter ce guide 3 à d'autres éléments. L'invention propose de réaliser un guide d'ondes à pertes 4 dans

un bloc de matériau absorbant dont la section a les dimensions externes préférentiellement égales aux dimensions de la bride, ou, tout au moins permettant de recouvrir les tiges filetées 5 et les trous 6 du guide 3. La section du bloc est équipée de trous 6 et de tiges filetées 5 en correspondance avec les trous et les tiges de la bride 3b (figure 3c), de manière à fixer le guide d'ondes à pertes 4 au guide d'ondes 3.

L'invention telle qu'elle vient d'être décrite, propose donc un guide d'ondes à pertes de dimension réduite, de fabrication aisée et à faible coût, adaptable à toutes les formes de guides d'ondes et d'installation facile, présentant de surcroît, des applications multiples.

### Revendications

1. Guide d'ondes hyperfréquences à pertes d'énergie, caractérisé en ce qu'il est constitué d'un bloc (1) d'un matériau très absorbant, de forte constante diélectrique E sensiblement supérieure ou égale à 10, et de forte tangente de pertes D sensiblement supérieure ou égale à 0,1, ledit bloc (1) comportant un trou (2) ayant la forme et les dimensions de section requises pour la propagation guidée d'une onde donnée, et une profondeur déterminée par les pertes recherchées. 20
2. Guide d'ondes hyperfréquences à pertes d'énergie selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit bloc (1) possède une section dont les dimensions externes sont telles que l'énergie absorbée ne puisse donner lieu à des rayonnements parasites vers l'espace libre. 30
3. Guide d'ondes hyperfréquences à pertes d'énergie selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit matériau est du type MF116. 40
4. Circuit hyperfréquence comportant au moins un premier guide d'ondes (3) et un guide d'ondes à pertes (4) selon les revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit guide d'ondes à pertes (4) possède deux extrémités dont l'une est raccordée au premier guide d'ondes (3). 45
5. Circuit hyperfréquence selon la revendication 4, caractérisé en ce que ledit guide d'ondes à pertes (4) a les mêmes dimensions et la même forme de section du trou que la section interne dudit premier guide d'ondes (3). 50
6. Circuit hyperfréquence selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce qu'il possède, en outre, un second guide d'ondes raccordé à l'autre extrémité du guide d'ondes à per-

tes (4), ce dernier jouant alors le rôle d'atténuateur.

7. Circuit hyperfréquence selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce qu'il comporte, en outre, un court-circuit placé contre l'autre extrémité du guide d'ondes à pertes (4), ce dernier jouant alors le rôle de terminaison. 5
8. Circuit hyperfréquence selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce qu'il comporte, en outre, un élément raccordé à l'autre extrémité du guide d'ondes à pertes (4) et susceptible de réfléchir des ondes vers le guide d'ondes à pertes (4), ce dernier se comportant alors comme un isolateur. 10
9. Circuit hyperfréquence selon l'une quelconque des revendications 4 à 8, dans lequel le premier guide d'ondes possède au moins une bride (3b) de section sensiblement plane et de dimensions supérieures aux dimensions du guide, ledit circuit étant caractérisé en ce que les dimensions externes de la section dudit bloc (1) sont sensiblement égales aux dimensions de la section de ladite bride (3b). 15
10. Circuit hyperfréquence selon la revendication 9, caractérisé en ce que ladite bride (3b) et ledit bloc (1) comportent une pluralité de tiges filetées (5) et de trous (6) en correspondance afin de fixer le premier guide d'ondes (3) au guide d'ondes à pertes (1). 20
11. Procédé de fabrication d'un guide d'ondes hyperfréquences à pertes d'énergie selon les revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il consiste à percer un trou (2) à l'aide d'une fraiseuse dans un bloc (1) d'un matériau très absorbant, de forte constante diélectrique E sensiblement supérieure ou égale à 10 et de forte tangente de pertes D sensiblement supérieure ou égale à 0,1, ledit trou (2) ayant la forme et les dimensions de section requises pour la propagation guidée d'une onde donnée, et une profondeur déterminée par les pertes recherchées. 25

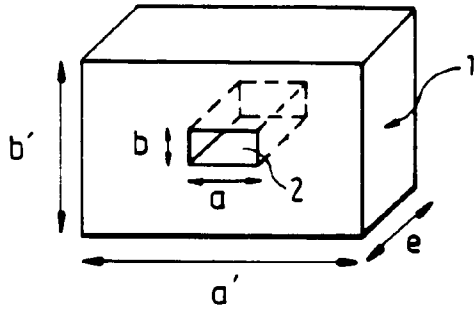


FIG. 1a

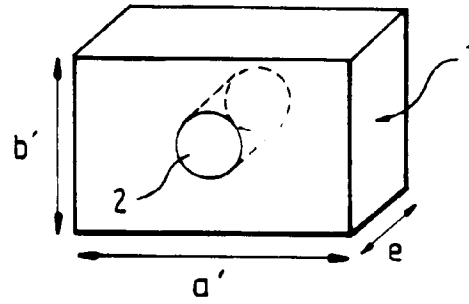


FIG. 1b

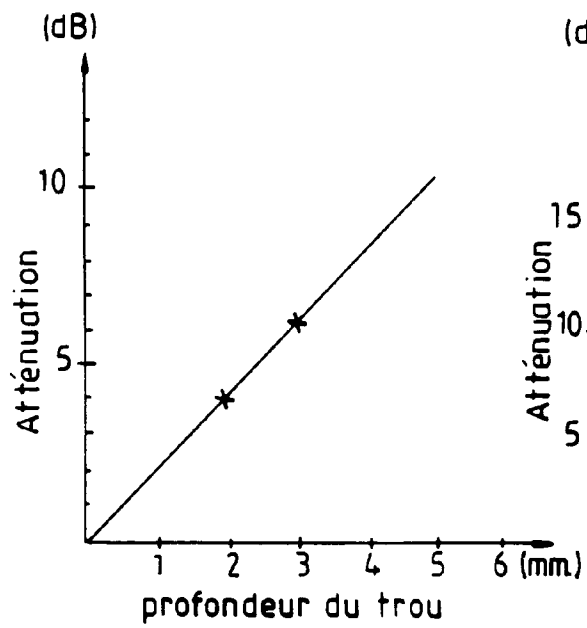


FIG. 2a

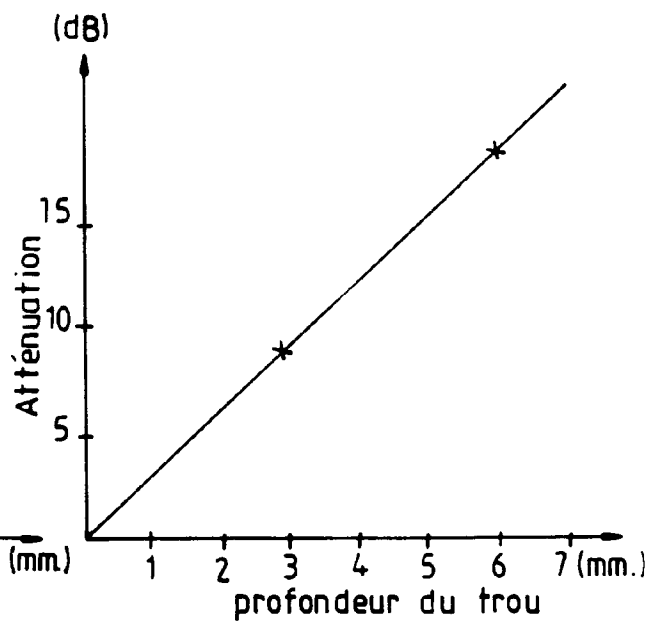


FIG. 2b

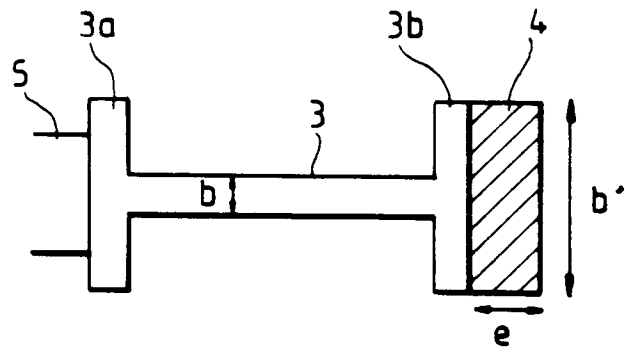


FIG. 3a

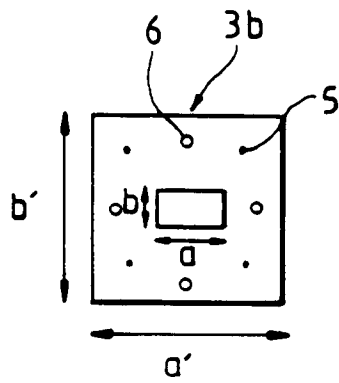


FIG. 3b

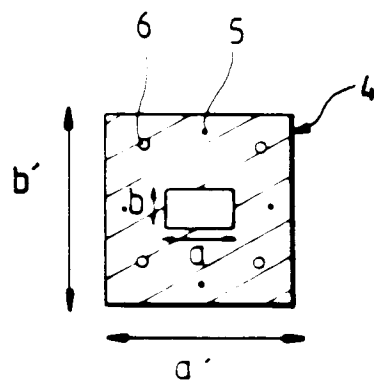


FIG. 3c



Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 93 40 0256

Page 1

| 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.5)       |
| X   | EP-A-0 369 857 (THOMSON TUBES ELECTRONIQUES)<br>* colonne 1, ligne 38 - ligne 41 *<br>* colonne 4, ligne 23 - colonne 5, ligne 26; figure 1 *   | 1,4,5, 7-9   | H01P1/22                                   |
| Y   | ---   | 2,3,6,10   |  |
| Y   | DE-A-2 043 565 (SIEMENS AG)<br>* page 6, ligne 26 - page 7, ligne 1; figure 3 *   | 2  |  |
| Y   | ---   | 3  |  |
| Y   | 1990 IEEE MTT-S INTERNATIONAL MICROWAVE SYMPOSIUM-DIGEST, Vol.1; may 8-10, 1990, Dallas, US; IEEE, New York, US, 1990<br>M.E. BIALKOWSKI et al.: Analysis of a waveguide-disk load"<br>pages 375-378<br>*page 377, colonne de gauche, lignes 25-34; figure 1* | 6  | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5) |
| Y   | SOVIET PATENTS ABSTRACTS<br>Section EI, Week 9033, 26 Septembre 1990<br>Derwent Publications Ltd., London, GB;<br>Class W02, AN 90-252968/33<br>& SU-A-1 524 113 (OSIPOV) 23 Novembre 1989<br>* abrégé *  | 10   | H01P                                       |
| Y   | ---   |  |  |
| A   | US-A-2 465 719 (FERNISLER)<br>* colonne 4, ligne 25 - ligne 57; figures 5,6 *   | 1  |  |
|   | ---   |  |  |
|   | DE-C-3 446 196 (SPINNER GMBH)<br>* le document en entier *  |  |  |
|   | ---   |  |  |
|   | -/--  |  |  |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications  |   |  |  |
| Lieu de la recherche<br>LA HAYE   |   | Date d'achèvement de la recherche<br>23 AVRIL 1993   | Examineur<br>DEN OTTER A.M.                |
| CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES   |   | T : théorie ou principe à la base de l'invention<br>E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date<br>D : cité dans la demande<br>L : cité pour d'autres raisons<br>-----<br>& : membre de la même famille, document correspondant |  |
| X : particulièrement pertinent à lui seul<br>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br>A : arriére-plan technologique<br>O : divulgation non-écrite<br>P : document intercalaire |   |  |  |

EPO FORM 1503 03.92 (P0402)



Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 93 40 0256

Page 2

| 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.5)       |
| A  | US-A-2 197 123 (KING)<br>* page 2, colonne de gauche, ligne 29 - ligne 64 *<br>* page 2, colonne de droite, ligne 65 - page 3, colonne de gauche, ligne 7; figures 3,6 *<br><br>----- | 1  |  |
|  |   |  | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5) |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications   |   |  |  |
| Lieu de la recherche<br>LA HAYE  |   | Date d'achèvement de la recherche<br>23 AVRIL 1993 | Examineur<br>DEN OTTER A.M.                |
| CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES<br>X : particulièrement pertinent à lui seul<br>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br>A : arrière-plan technologique<br>O : divulgation non-écrite<br>P : document intercalaire<br><br>T : théorie ou principe à la base de l'invention<br>E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date<br>D : cité dans la demande<br>L : cité pour d'autres raisons<br>-----<br>& : membre de la même famille, document correspondant |   |  |  |

EPO FORM 1503 03.92 (P0402)