



⑫ **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑳ Numéro de dépôt : **94402688.9**

⑤① Int. Cl.⁶ : **G10K 11/16**

㉒ Date de dépôt : **24.11.94**

③⑩ Priorité : **03.12.93 FR 9314501**

④③ Date de publication de la demande :
07.06.95 Bulletin 95/23

⑧④ Etats contractants désignés :
BE DE ES GB IT NL

⑦① Demandeur : **ETAT FRANCAIS Représenté par
le délégué général pour l'armement
26, Boulevard Victor
F-00460 Armeés (FR)**

⑦② Inventeur : **Bedard, Bruno
7, rue Ronsard
F-56270 Ploemeur (FR)
Inventeur : Le Goulven, Patrice
Kerallec
F-29170 Saint Evarzec (FR)
Inventeur : Qultu, Denis
22, rue de Ker Yol
F-56270 Ploemeur (FR)
Inventeur : Le Lan, J. Yves
2, rue des Ajoncs
F-56270 Ploemeur (FR)**

⑤④ **Matériau de protection acoustique notamment des antennes sonar.**

⑤⑦ L'invention concerne un matériau de protection acoustique constitué d'une matrice en matériau viscoélastique comportant des inclusions de gaz et des inclusions lourdes d'un matériau de densité supérieure à 10.

Les inclusions de gaz peuvent être des inclusions d'air et les inclusions lourdes des inclusions de plomb.

Application notamment aux antennes sonar.

La présente invention concerne un matériau de protection acoustique destiné notamment à l'isolation des antennes sonars des navires. Ces antennes sont placées dans un dôme ou bulbe de forme hydrodynamique. Il s'agit de minimiser les bruits pouvant gêner la détection sonar, générés par le navire porteur de l'antenne sonar ou par des ondes acoustiques sonar dans le cas de réflexions multiples à l'intérieur du dôme ou bulbe.

Ces bruits peuvent avoir entre autres une origine hydrodynamique lorsqu'ils sont engendrés par l'écoulement de l'eau de mer autour du dôme ou une origine mécanique lorsqu'ils proviennent par exemple de la cavitation des hélices ou des vibrations de la coque en acier.

La nature et l'implantation des matériaux de protection acoustique peuvent dépendre de la composante que l'on veut atténuer.

Les protections acoustiques actuelles sont constituées par un ensemble de panneaux en liège-caoutchouc fixés par boulonnerie sur un support en chlorure de polyvinyle lui-même vissé dans le bulbe et équipés d'un très grand nombre de triangles en liège caoutchouc. Cette solution est efficace dans la plage de fréquences des antennes sonar, c'est à dire 4 à 10 kHz mais a pour inconvénient majeur de nécessiter une mise en oeuvre longue et difficile, évaluée à environ 600 heures de travail du fait que les panneaux sont vissés et que les triangles en liège caoutchouc sont collés manuellement l'un après l'autre sur les panneaux. Les enceintes acoustiques ainsi constituées sont essentiellement efficaces pour limiter les réflexions multiples des ondes sonores mais elles laissent passer des ondes sonores parasites et atténuent peu les vibrations de la coque. De plus, les visseries des enceintes acoustiques ainsi constituées présentent des points de réflexion multiples, diminuant de ce fait l'efficacité du panneau, ce qui a pour conséquence de déclencher des fausses alarmes.

On connaît aussi des matériaux de protection acoustique constitués de polyuréthane comportant des inclusions d'air, ne présentant pas l'inconvénient de la solution précédente mais ces matériaux ne limitent pas les réflexions multiples et ne sont efficaces qu'au delà d'une fréquence de 30 KHz.

Le but de l'invention est donc de proposer un matériau de protection acoustique des antennes sonar situées dans un bulbe, qui ne présente pas les inconvénients des solutions précédentes. Il doit être efficace dans la plage de fréquences des antennes et facile à poser et à entretenir.

L'invention a pour objet un matériau de protection acoustique d'antennes sonar fonctionnant dans la gamme de fréquences de 4 à 10 kHz, constitué d'une matrice en matériau viscoélastique comportant des inclusions de gaz et des inclusions lourdes d'un matériau de densité supérieure à 10, devant être appliqué sous forme de panneau.

Préférentiellement, la matrice viscoélastique est en néoprène.

Selon un mode de réalisation de l'invention, les inclusions de gaz sont des inclusions d'air et les inclusions lourdes des inclusions de plomb.

Selon d'autres caractéristiques de l'invention, le pourcentage d'air dans la matrice est compris dans une plage de 1 à 10 % en volume et le pourcentage de plomb est compris dans une plage de 5 à 30 % en volume. Le pourcentage en volume de l'air dans la matrice est de préférence égal à 3 %. Le pourcentage en volume de plomb dans la matrice est de préférence égal à 21 %.

Ce matériau peut être associé dans un panneau multicouches à d'autres matériaux de protection acoustique et de caractéristiques acoustiques différentes.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description suivante non limitative et faite en référence aux dessins annexés, parmi lesquels :

- la figure 1 représente un dôme ou bulbe abritant l'antenne sonar,
- la figure 2 représente la structure d'un panneau monocouche réalisé dans le matériau de l'invention,
- la figure 3 représente un panneau multicouches.

La figure 1 représente un dôme ou bulbe 4 abritant une antenne sonar 12 sous une coque 5 d'un bâtiment, ce dôme comportant des protections acoustiques repérées par des matériaux 1, 2 et 3.

Le matériau 1 constitue un écran acoustique limitant les perturbations à l'intérieur du bulbe, dues au phénomène de cavitation des hélices du bâtiment. Il doit, par conséquent, réfléchir au maximum et transmettre très peu les ondes sonores 6 provenant de l'arrière du navire. On s'attache à caractériser ce matériau par son coefficient de transmission T, qui doit être le plus faible possible et qui est défini comme le rapport de la pression transmise sur la pression incidente. Le coefficient de transmission T est maximal en incidence normale et minimal en incidence oblique.

Le matériau 2 joue le rôle de barrière acoustique atténuant des ondes sonores 7 produites par les vibrations de la coque du navire et son efficacité est définie par un paramètre appelé coefficient de masquage CM, qui doit être le plus faible possible et qui correspond au rapport de la pression se propageant dans le milieu de sortie, la coque étant revêtue de son enceinte acoustique, sur la pression se propageant lorsque la coque n'en est pas munie.

Le matériau 3 est un matériau anéchoïde permettant d'atténuer la réflexion multiple à l'intérieur du bulbe de rayons sonores 9 qui y parviennent. L'efficacité de ce matériau est définie par le coefficient de réflexion R du panneau, qui doit être le plus faible pos-

sible et qui est défini comme le rapport de la pression réfléchiée sur la pression incidente. Le coefficient de réflexion R est caractérisé en incidence oblique, car il est minimal en incidence normale.

Les propriétés acoustiques d'un panneau constitué dans un matériau élastique homogène sont caractérisées par trois paramètres : la masse volumique de ce matériau, la célérité longitudinale complexe des ondes acoustiques de formule $CL = C'L(1+i\eta L)$, la célérité transversale des ondes acoustiques de formule $CT = C'T(1+i\eta T)$, où $C'L$ et $C'T$ représentent les parties réelles respectives de CL et CT et où ηL et ηT représentent les atténuations respectives de CL et CT .

Une enceinte acoustique est caractérisée par une impédance d'entrée qui a pour valeur le produit de la masse volumique du matériau par la célérité du son.

Dans le cas d'un angle d'incidence faible, pour une enceinte acoustique caractérisée par une impédance d'entrée z_2 et placée à l'interface d'un milieu d'impédance Z_1 , le coefficient de réflexion R est donné par l'équation suivante : $R = (z_2 - Z_1)/(z_2 + Z_1)$, où z_2 est l'impédance réduite égale à Z_2/Z_1 . Dans le cas des ondes sonores 9 déjà parvenues dans le bulbe 4 et arrivant sur le matériau 3, Z_1 correspond à l'impédance de l'eau. La réflexion est quasi-totale dans deux cas. Dans un premier cas, la valeur absolue de z_2 est très supérieure à 1 et l'impédance Z_2 très supérieure à l'impédance de l'eau et il convient de choisir un matériau dont soit la masse volumique soit la célérité des ondes acoustiques soient les deux sont très supérieures à celles de l'eau. Dans un deuxième cas, la valeur absolue de z_2 est très inférieure à 1 et l'impédance Z_2 très inférieure à l'impédance de l'eau; il y a un déphasage de 180° entre les ondes de pression incidente et réfléchiée et il convient de choisir un matériau dont soit la masse volumique soit la célérité des ondes sonores soient les deux sont très inférieures à celles de l'eau. Un matériau réflecteur a donc nécessairement une impédance acoustique très différente de celle de l'eau. Inversement un matériau peu réflecteur a une impédance Z_2 voisine de celle de l'eau.

L'ensemble des matériaux 1 et 3 constitue une première enceinte acoustique 10 caractérisée par un coefficient de transmission dans le sens entrant T inférieur ou égal à - 19 décibels et par un coefficient de réflexion R inférieur ou égal à - 15 décibels dans le sens sortant du bulbe.

Le coefficient de réflexion R doit être faible, ce qui signifie que l'impédance de l'enceinte acoustique 10 doit être proche de celle du milieu de sortie, qui est l'eau.

Le coefficient de transmission T doit être faible. L'atténuation de l'onde transmise dans l'enceinte acoustique 10 a lieu lorsque la partie imaginaire de la célérité longitudinale est au moins égale à 15 % de sa partie réelle.

L'ensemble des matériaux 2 et 3 constitue une deuxième enceinte acoustique 11 caractérisée par un coefficient de masquage CM inférieur ou égal à - 20 décibels et un coefficient de réflexion R inférieur ou égal à - 15 décibels. Cette enceinte acoustique doit donc atténuer fortement la transmission de l'onde sonore et réfléchir peu les ondes sonores, c'est-à-dire avoir une impédance acoustique proche de celle de l'eau. Son rôle essentiel est de minimiser les effets des vibrations de la coque.

Les ondes sonores provenant directement de la mer telles que des ondes sonores 8 parviennent dans le bulbe avec un site de 0 degré; elles sont de ce fait peu réfléchies. Elles sont cependant transmises en étant atténuées grâce aux propriétés anéchoïdes de l'enceinte acoustique 11.

Une bonne protection acoustique est obtenue avec un matériau ayant un coefficient de transmission T inférieur à -19 décibels, un coefficient de masquage CM inférieur à -20 décibels, un coefficient de réflexion R inférieur à -15 décibels.

Le matériau selon l'invention remplit ces conditions ainsi que les fonctions des trois matériaux 1, 2 et 3 : il est peu réflecteur; il transmet très peu les ondes sonores; il atténue fortement les vibrations de la coque.

La figure 2 présente la structure d'un panneau plan monocouche réalisé dans le matériau de 1' invention. Ce matériau est constitué d'une matrice 13 en matériau viscoélastique tel que le néoprène, incluant des billes 14 de diamètre petit devant la longueur d'onde acoustique, inférieur au millimètre pour la plage de fréquences de 4 à 10 KHz, dont certaines sont en verre et remplies d'air et d'autres constituées dans un matériau lourd de densité supérieure à 10 tel que le plomb. La répartition entre billes de verre et billes de matériau lourd est aléatoire mais homogène dans l'ensemble. L'impédance du matériau selon l'invention est voisine de celle de l'eau, c'est-à-dire, de l'ordre de 1,48 MégaPascal.seconde.par mètre. Les deux types de billes sont incluses de la même manière par mélange direct dynamique dans la matrice viscoélastique avant d'ajouter le durcisseur, catalyseur de polymérisation.

Dans une variante de réalisation, les billes de verre sont remplies d'un gaz autre que l'air, tel qu'un gaz neutre, l'azote, l'oxygène.

Dans un autre mode de réalisation, les inclusions de gaz sont enfermées dans des billes creuses pouvant être constituées d'un matériau rigide autre que le verre ou d'un matériau viscoélastique.

Dans un autre mode de réalisation, les inclusions de gaz sont enfermées dans des volumes de forme autre que sphérique.

Dans une autre variante de réalisation, les inclusions de matériau lourd ont une forme autre que sphérique.

Les matériaux élastiques homogènes ou mono-

phasiques, possédant des coefficients de viscosité élevés atténuent les ondes sonores. Ils constituent des systèmes anéchoïques qui ont une atténuation intrinsèque fondée sur le principe du résonateur. Le passage de l'onde sonore y provoque une relaxation de structure engendrant une forte atténuation de l'onde.

Les matériaux permettant d'atténuer fortement les ondes sonores doivent posséder une atténuation de célérité longitudinale η_L élevée, supérieure à 10 %. Les matériaux viscoélastiques tels que le néoprène présentent une atténuation de célérité transversale η_T élevée de l'ordre de 15 %, mais une atténuation de célérité longitudinale η_L faible.

Lorsque les inclusions gazeuses contiennent de l'air, l'introduction d'air dans la matrice viscoélastique, notamment dans un pourcentage volumique compris entre 1 et 10 %, permet d'augmenter la valeur de l'atténuation de célérité longitudinale η_L jusqu'à ce que celle-ci atteigne une valeur égale à celle de l'atténuation de la célérité transversale. Un pourcentage volumique de 3 % d'air est suffisant pour ce but. L'impédance acoustique du matériau selon l'invention est voisine de celle de l'eau grâce à l'introduction de billes constituées dans un matériau lourd. Lorsque les inclusions lourdes sont des inclusions de plomb, le plomb est ajouté dans des proportions de 5 à 30 % en volume.

Le matériau objet de l'invention est multiphasique. Dans ce type de matériau, l'atténuation peut être considérée comme la somme de deux termes : l'atténuation due à la viscosité intrinsèque du milieu et l'atténuation due à la dissipation d'énergie résultant de la présence de plusieurs milieux par effet thermoélastique. Le passage de l'onde sonore a pour effet de comprimer puis de détendre périodiquement les milieux traversés. Il en résulte un échauffement puis une perte d'énergie périodique dans chacun des milieux, qui dépend des caractéristiques thermodynamiques de chaque milieu.

Entre deux phases de suppression successives, la chaleur emmagasinée dans chacun des milieux a tendance à diffuser dans le milieu voisin. La vitesse avec laquelle diffuse la chaleur d'un milieu à l'autre dépend des conductivités thermiques des milieux.

Le matériau de protection acoustique selon l'invention peut être utilisé en association à d'autres matériaux de protection acoustique dans un panneau multicouches.

L'intérêt du panneau multicouches par rapport au panneau monocouche réside dans la possibilité d'obtenir des caractéristiques différentes suivant que l'on se place d'un côté ou de l'autre du panneau et en particulier de diminuer le coefficient de réflexion R de l'enceinte acoustique qui doit être minimal sur la face du matériau 3.

Il est possible d'abaisser le coefficient de réflexion de façon considérable jusqu'à - 30 décibels en

positionnant sur le côté ne devant pas réfléchir un matériau possédant une impédance acoustique très proche de celle de l'eau, telle qu'une résine en polyuréthane, les coefficients de transmission T et de masquage CM restant comparables à ceux d'un panneau monocouche.

Les panneaux constitués dans le matériau de l'invention sont fixés par collage sur leur support pour former une enceinte acoustique.

Le matériau objet de l'invention peut être utilisé dans des applications où le milieu à l'interface duquel il est placé est différent de l'eau; l'impédance du matériau reste voisine de celle de ce milieu mais est obtenue en faisant varier le pourcentage volumique des inclusions de matériau lourd.

Exemple 1

Un panneau monocouche selon l'invention comprend une matrice viscoélastique en néoprène comportant des inclusions d'air et de plomb sous forme de billes. Les atténuations sur les célérités de son longitudinale et transversale sont de l'ordre de 15 %. Les trois tableaux suivants donnent l'évolution des valeurs des coefficients de réflexion R, de transmission T, de masquage CM en décibels en fonction du pourcentage volumique de plomb inclus pour un panneau de 25 cm d'épaisseur comportant 3 % en volume d'inclusion d'air, à des fréquences de 5 KHz et 10 KHz:

Plomb	R	R
	5KHz	10KHz
10%	-16,5	-16,5
15%	-20	-20
21%	-23	-23

Plomb	T	T
	5KHz	10KHz
10%	-20	-40
15%	-22	-42
21%	-21	-41

Plomb	CM	CM
	5KHz	10KHz
10%	-21	-41
15%	-22	-43
21%	-21	-42

Un panneau monocouche comportant des inclusions volumiques de 3 % en air et de 21 % en plomb a une masse volumique de 2,3 g/cm³.

Son impédance est voisine de celle de l'eau, c'est-à-dire de l'ordre de 1,48 MégaPascal/mètre.

Exemple 2

La figure 3 représente un panneau multicouches constitué de quatre couches dont la première A est constituée par une résine en polyuréthane avec une inclusion de 30 % d'air, la deuxième B par une résine en polyuréthane avec une inclusion de 2 % d'air, la troisième C par un matériau de protection acoustique selon l'invention comportant une matrice viscoélastique en néoprène avec des inclusions volumiques de 3 % en air et de 21 % en plomb, la quatrième D par une résine polyuréthane faible en réflexion.

La couche D a pour rôle de minimiser la réflexion de l'onde sonore.

La couche C adapte l'impédance acoustique et atténue les ondes sonores.

La couche B adapte encore l'impédance acoustique tandis que la couche A permet une bonne réflexion.

Les résultats obtenus par ce panneau multicouches sont très bons en ce qui concerne la réflexion sur la couche D et semblables à ceux d'un panneau monocouche pour les autres coefficients acoustiques.

Revendications

1. Matériau de protection acoustique d'antennes sonar fonctionnant dans la gamme de fréquences de 4 à 10 kHz, constitué d'une matrice en matériau viscoélastique comportant des inclusions de gaz et des inclusions lourdes d'un matériau de densité supérieure à 10, devant être appliqué sous forme de panneau.
2. Matériau de protection acoustique selon la revendication 1, caractérisé en ce que la matrice viscoélastique est en néoprène.
3. Matériau de protection acoustique selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que

les inclusions de gaz sont des inclusions d'air.

4. Matériau de protection acoustique selon la revendication 3, caractérisé en ce que le pourcentage en volume de l'inclusion d'air dans la matrice est compris dans une plage de 1 à 10 %.
5. Matériau de protection acoustique selon la revendication 4, caractérisé en ce que le pourcentage en volume de l'inclusion d'air dans la matrice est de 3 %.
6. Matériau de protection acoustique selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les inclusions lourdes sont des inclusions de plomb.
7. Matériau de protection acoustique selon la revendication 6, caractérisé en ce que le pourcentage en volume de l'inclusion de plomb dans la matrice est compris dans une plage de 5 à 30 %.
8. Matériau de protection acoustique selon la revendication 7, caractérisé en ce que le pourcentage en volume de l'inclusion de plomb dans la matrice est de 21 %.
9. Matériau de protection acoustique selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il est associé dans un panneau multicouches à d'autres matériaux de protection acoustique.

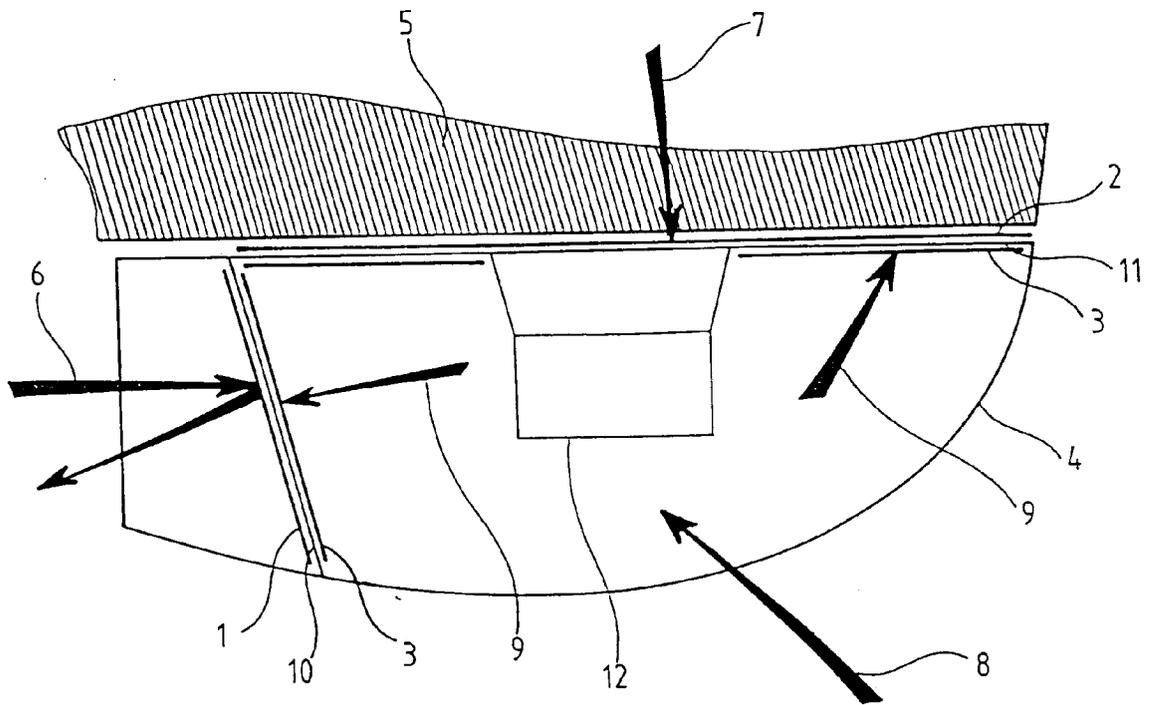


FIG. 1

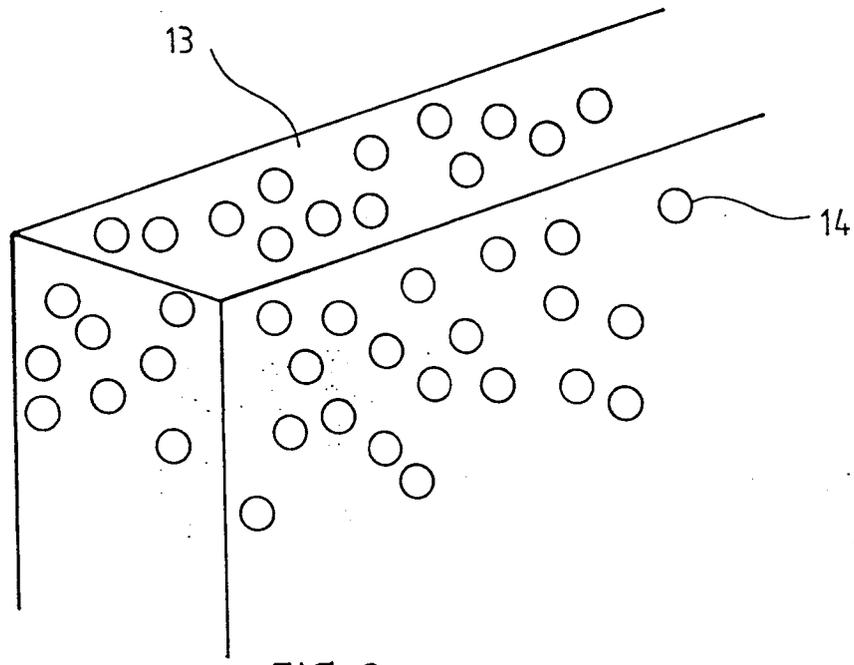


FIG. 2

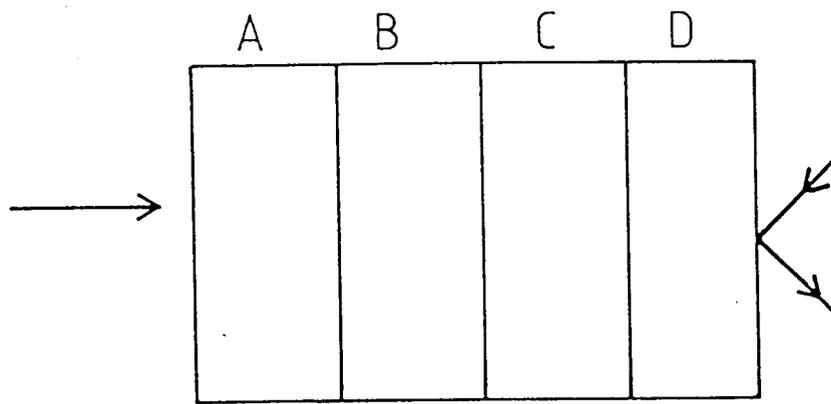


FIG. 3



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 94 40 2688

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.6)
Y	FR-A-2 580 286 (SINTRA) * page 3, ligne 18 - ligne 20; revendications 1-3,6,8 * * page 1, ligne 2 * ---	1-4,6,9	G10K11/16
Y	JAPANESE PATENTS GAZETTE Week 7605, Derwent Publications Ltd., London, GB; AN 76-08161 'Iron powder-polymer composites manufacture- giving reduced polymer degradation and good sound insulating properties.' & JP-A-50 080 345 (YASUNAKA K) 30 Juin 1975 * abrégé *	1-4,6,9	
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 6, no. 205 (E-136) (1083) 16 Octobre 1982 & JP-A-57 113 691 (NIHON DENPA KOGYO K.K.) 15 Juillet 1982 * abrégé *	2	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
Y	US-A-4 381 470 (LEACH ET AL.) * abrégé; revendications 1,2; figure *	9	G10K
X	FR-A-1 186 829 (HERMANN WIEDERHOLD) * revendications 1,2 * -----	1	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 20 Janvier 1995	Examineur de Heering, P
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 01.82 (P04C02)