

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫② Date de dépôt : 08.04.94.

⑫③ Priorité : 14.04.93 DE 4312121; 11.02.94 DE 4404441.

⑫④ Date de la mise à disposition du public de la demande : 21.10.94 Bulletin 94/42.

⑫⑤ Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

⑫⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦① Demandeur(s) : Société dite: SIEMENS
AKTIENGESELLSCHAFT — DE.

⑦② Inventeur(s) : Pfandl Walter, Schneider Reiner,
Stoecklein Waldemar, Unger Clemens et Opel Ernst.

⑦③ Titulaire(s) :

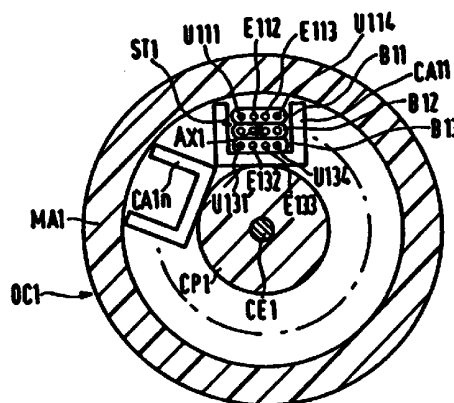
⑦④ Mandataire : Cabinet Flechner.

⑤④ Câble optique comportant plusieurs guides d'ondes lumineuses disposés suivant une structure prédéterminée.

⑤⑦ L'invention concerne un câble optique comportant plusieurs guides d'ondes lumineuses disposés suivant une structure prédéterminée.

Le câble optique (OC1) comporte plusieurs guides d'ondes lumineuses disposés suivant au moins un groupe ayant une structure prédéterminée (ST1), à l'intérieur de laquelle sont disposés des guides d'ondes lumineuses (U111 à U114; E112 à E133) possédant des sensibilités mécaniques différentes, les guides d'ondes (U111 à U134) possédant une sensibilité mécanique inférieure étant disposés dans une ou plusieurs zones de la structure, dans lesquelles apparaissent des contraintes mécaniques accrues.

Application notamment aux câbles optiques à guides d'ondes optiques.



Câble optique comportant plusieurs guides d'ondes lumineuses disposés suivant une structure prédéterminée

L'invention concerne un câble optique comportant plusieurs guides
5 d'ondes lumineuses, qui sont disposés dans au moins un groupe possédant une structure prédéterminée, les différents guides d'ondes lumineuses à l'intérieur de la structure étant soumis respectivement à des contraintes mécaniques différentes.

Il est connu de fabriquer des câbles optiques possédant un nombre assez important de guides d'ondes lumineuses, qui sont disposés par groupes
10 dans une structure déterminée. Une possibilité d'obtention d'une telle structure prédéterminée consiste par exemple à disposer des petites bandes de guides d'ondes lumineuses à l'intérieur d'une pile dans ce qu'on appelle un câble à chambre. Un exemple d'une telle structure est décrit dans la demande de brevet européen EP-A1 492 206, dans laquelle, en dehors de l'obtention d'une densité
15 accrue d'entassement, le nombre des guides d'ondes lumineuses à l'intérieur d'une pile de petites bandes formant un groupe, augmente de l'intérieur vers l'extérieur.

Dans de tels groupes possédant des structures prédéterminées, qui sont disposés en général sous une forme hélicoïdale par rapport à l'axe longitudinal du câble, les différents guides d'ondes lumineuses ne peuvent plus ou
20 ne peuvent plus d'office absorber des contraintes mécaniques ou prendre une position dans laquelle ils sont moins sollicités, étant donné qu'ils sont dans une large mesure liés mécaniquement à l'intérieur de la structure prédéterminée, en des positions prescrites. De telles contraintes mécaniques (désignées également sous les termes "microbending" ou "macrobending") entraînent un accroissement
25 extrêmement indésirable et relativement intense de l'affaiblissement.

L'invention a pour but d'indiquer un moyen permettant d'éviter dans toute la mesure du possible, et ce tout en conservant la structure prédéterminée, un accroissement trop intense d'affaiblissement en raison d'une contrainte

mécanique appliquée aux guides d'ondes optiques. Dans un câble optique du type indiqué plus haut, ce problème est résolu conformément à l'invention grâce au fait que des guides d'ondes lumineuses possédant des sensibilités mécaniques différentes sont prévus à l'intérieur de la structure, et que des guides d'ondes
5 lumineuses possédant une sensibilité mécanique réduite sont disposés dans une ou plusieurs zones de la structure prédéterminée, dans lesquelles apparaissent des contraintes mécaniques accrues.

Alors que dans les structures prédéterminées connues (par exemple dans le cas de piles de petites bandes dans le cadre de câbles à chambres) à
10 l'intérieur d'une structure ou d'une telle pile, on a toujours utilisé des guides d'ondes lumineuses identiques, l'invention prévoit de s'écarter de ce principe d'utilisation de guides d'ondes lumineuses identiques à l'intérieur d'une structure. Dans le cadre de l'invention, on utilise des guides d'ondes lumineuses ayant des sensibilités différentes de telle sorte que là où apparaissent des contraintes
15 mécaniques plus élevées, on dispose ou on utilise en premier lieu des guides d'ondes lumineuses, qui sont conçus pour des contraintes mécaniques accrues (par exemple des microflexions) ou qui sont moins sensibles vis-à-vis de ces contraintes. Dans les autres zones à l'intérieur de la structure, on peut utiliser des guides d'ondes lumineuses, qui possèdent une sensibilité accrue vis-à-vis de
20 contraintes mécaniques, étant donné qu'en cet endroit, la contrainte mécanique des guides d'ondes lumineuses et, par conséquent, un accroissement de l'affaiblissement est d'office plus faible ou même ne se produit pas. Assurément, en général des guides d'ondes lumineuses, qui sont moins sensibles mécaniquement, possèdent un affaiblissement de transmission légèrement supérieur. Ce léger
25 accroissement de l'affaiblissement de transmission est cependant inférieur, de plusieurs ordres de grandeur, à un accroissement de l'affaiblissement sous l'effet de contraintes mécaniques élevées dans de tels guides d'ondes lumineuses, qui sont plus sensibles à une contrainte mécanique.

Selon une autre caractéristique de l'invention, des guides d'ondes
30 lumineuses possédant une sensibilité mécanique réduite sont disposés à l'intérieur d'une structure à un endroit où des guides d'ondes lumineuses sont situés à la plus grande distance de l'axe neutre devant être associé à la structure.

Selon une autre caractéristique de l'invention, des guides d'ondes optiques, qui sont situés à une distance minimale prédéterminée de l'axe neutre de

la structure, sont réalisés sous la forme de guides d'ondes lumineuses possédant une sensibilité mécanique réduite.

Selon une autre caractéristique de l'invention, dans le cas de structures possédant une ligne de jonction formant un coin, entre les guides d'ondes lumineuses situés à l'extérieur, les guides d'ondes lumineuses, qui sont situés dans les zones des coins de la structure, possèdent une sensibilité mécanique réduite.

Selon une autre caractéristique de l'invention, les guides d'ondes lumineuses possédant la sensibilité mécanique réduite possèdent une valeur MAC plus faible que les autres guides d'ondes lumineuses, la valeur MAC étant définie par

$$\text{MAC} = \frac{\text{MFD}}{\lambda_{\text{eff}}}$$

MFD désignant le diamètre du champ de mode des fibres conductrices de lumière et λ_{ceff} désignant la longueur d'onde limite effective.

Selon une autre caractéristique de l'invention, pour des guides d'ondes lumineuses possédant une sensibilité mécanique réduite, pour $\lambda = 1300 \text{ nm}$, on choisit des valeurs MAC inférieures à 7,4.

Selon une autre caractéristique de l'invention, les guides d'ondes lumineuses sensibles et les guides d'ondes lumineuses insensibles ont des valeurs MAC qui diffèrent d'au moins 0,5 et de préférence d'au moins 1.

Selon une autre caractéristique de l'invention, des guides d'ondes lumineuses situées à l'intérieur d'une structure, qui en raison de la disposition de la structure dans le câble terminé, subiraient un accroissement d'affaiblissement dépassant une valeur limite admissible, sont remplacés par des guides d'ondes lumineuses possédant une sensibilité mécanique réduite.

Selon une autre caractéristique de l'invention, la structure est disposée à l'intérieur d'un élément à chambre en forme de U, qui est réunie à d'autres éléments de ce type.

Selon une autre caractéristique de l'invention, la structure est logée à l'intérieur d'un élément à chambre, qui possède une section transversale approximativement trapézoïdale.

Selon une autre caractéristique de l'invention, la structure est

disposée à l'intérieur d'un corps profilé, qui comporte des renforcements en forme de chambres.

Selon une autre caractéristique de l'invention, la structure est logée à l'intérieur d'une enveloppe de protection fermée et plusieurs éléments de câblage de ce type peuvent être réunis pour former une âme de câble.

Selon une autre caractéristique de l'invention, tous les guides d'ondes lumineuses de la structure possèdent des valeurs MAC inférieures à 7,4 et de préférence inférieures à 7.

Selon une autre caractéristique de l'invention, les guides d'ondes lumineuses possèdent, dans la zone d'une contrainte mécanique accrue, un revêtement primaire ayant une épaisseur de couche plus importante que pour les guides d'ondes lumineuses dans la zone d'une contrainte mécanique inférieure.

Selon une autre caractéristique de l'invention, les guides d'ondes lumineuses possèdent, dans la zone d'une contrainte mécanique accrue, un revêtement primaire ayant une épaisseur de couche 1,5 à 4 et notamment 2 à 3 fois plus grande que dans le cas des guides d'ondes lumineuses dans la zone d'une contrainte mécanique plus faible.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le revêtement primaire des guides d'ondes lumineuses dans la zone d'une contrainte mécanique accrue, possède une épaisseur de couche comprise entre 0,02 et 0,05 mm et notamment entre 0,03 et 0,04 mm.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le revêtement primaire des guides d'ondes lumineuses respectives dans la zone d'une contrainte mécanique accrue sont constitués par un matériau plus mou que dans le cas des guides d'ondes lumineuses dans la zone d'une contrainte mécanique réduite.

Selon une autre caractéristique de l'invention, pour les guides d'ondes lumineuses que le matériau du revêtement primaires est 1 à 5 fois et notamment 1 à 2,5 fois plus mou pour les guides d'ondes lumineuses dans la zone d'une contrainte mécanique accrue que pour les guides d'ondes lumineuses dans la zone d'une faible contrainte mécanique.

Selon une autre caractéristique de l'invention, on choisit comme matériau pour le revêtement primaire des guides d'ondes lumineuses dans la zone d'une contrainte mécanique accrue, l'acrylate d'uréthane possédant un module d'élasticité compris entre 0,5 et 2,5 MPa.

Selon une autre caractéristique de l'invention, les guides d'ondes lumineuses sont disposés dans une petite bande de guides d'ondes lumineuses, qui fournit la structure, et que des guides d'ondes lumineuses, qui sont situés à l'extérieur, possèdent à l'intérieur de la structure en forme de petite bande une sensibilité mécanique plus faible que des guides d'ondes lumineuses qui sont situés plus à l'intérieur.

Selon une autre caractéristique de l'invention, plusieurs petites bandes de guides d'ondes lumineuses sont réunies pour former une pile formant la structure.

10 Selon une autre caractéristique de l'invention, la petite bande du guide d'ondes lumineuses est formée par une petite bande standard comportant des guides d'ondes lumineuses, sur les petits côtés de laquelle est disposé extérieurement en supplément respectivement au moins un guide d'ondes lumineuses possédant une sensibilité mécanique inférieure à celle des guides d'ondes lumineuses, situés à l'intérieur, de la petite bande standard.

Selon une autre caractéristique de l'invention, les guides d'ondes lumineuses disposés en supplément latéralement, sont reliés respectivement par un moyen de liaison au petit côté de la petite bande.

20 Selon une autre caractéristique de l'invention, les guides d'ondes lumineuses possédant une sensibilité mécanique réduite occupe respectivement les positions d'angle dans la petite bande et ferme en cet endroit, en direction de l'extérieur, l'enveloppe extérieure de cette petite bande.

25 Selon une autre caractéristique de l'invention, les guides d'ondes lumineuses possédant une sensibilité mécanique réduite sont insérés dans les positions d'angle de la petite bande, à l'intérieur de l'enveloppe extérieure de cette bande.

Selon une autre caractéristique de l'invention, la petite bande respective de guide d'ondes lumineuses est entourée respectivement par une couche supplémentaire de protection.

30 Selon une autre caractéristique de l'invention, une pile formant la structure est constituée avec des petites bandes respectives de même type de guide d'ondes lumineuses indiquées précédemment.

Selon une autre caractéristique de l'invention, une pile formant la structure comporte uniquement à sa partie la plus basse et à sa partie la plus

élevée une petite bande de guide d'ondes optiques du type indiqué précédemment.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description donnée ci-après prise en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 montre, selon une représentation schématique, une coupe transversale d'un premier câble optique selon l'invention;

- les figures 2 à 4 représentent des variantes de la forme de réalisation de la figure 1;

- la figure 5 représente un diagramme concernant la relation entre la valeur MAC et l'accroissement de l'affaiblissement sous l'effet de pertes produites par microflexion;

- la figure 6 représente un diagramme représentant la variation de l'affaiblissement en fonction de la longueur d'onde limite pour différentes valeurs MAC;

- la figure 7 représente l'affaiblissement dans les fibres L1-L12 dans la petite bande supérieure, la petite bande centrale et la petite bande intérieure d'une pile de petites bandes;

- la figure 8 représente schématiquement, sous la forme d'une coupe transversale, une première structure de base de guides d'ondes lumineuses pour le câble optique de la figure 1;

- la figure 9 représente une première variante de réalisation de la structure de base de la figure 8;

- la figure 10 représente une seconde variante de réalisation de la structure de base de la figure 8;

- la figure 11 montre, selon une représentation schématique, une autre structure de base de guides d'ondes lumineuses pour le câble optique de la figure 1;

- la figure 12 montre, selon une représentation schématique, l'agencement d'un guide d'ondes lumineuses moins sensible mécaniquement, pour les structures des figures 1 à 11;

- la figure 13 représente un diagramme concernant la relation entre la valeur MAC et l'accroissement de l'affaiblissement sous l'effet de pertes par microflexion dans des guides d'ondes lumineuses possédant des couches de

revêtement ayant des épaisseurs différentes; et

- la figure 14 représente un diagramme d'affaiblissement pour des guides d'ondes lumineuses situés dans la petite bande supérieure, la petite bande centrale et la petite bande inférieure de guides d'ondes lumineuses d'une pile de
5 petites bandes, dans un câble optique possédant des structures de base conformes aux figures 1 et 11.

Le câble optique OC1 de la figure 1 possède en son centre un élément CE1 résistant à la traction, sur lequel est disposée une couche de matière plastique extrudée CP1 formée par exemple par du polyéthylène. Sur la couche en
10 matière plastique CP1, on a représenté deux éléments de chambre formant chambres CA11 et CA1n approximativement en forme de U en coupe transversale. Dans le cadre d'une opération de câblage, ces éléments formant chambres CA11, CA1n, pour lesquels on n'a pas représenté de hachures pour simplifier la représentation ici et sur la figure 2, sont enroulés sous forme hélicoïdale sur le
15 support CP1. Dans le cas du câble terminé, l'ensemble de l'espace intérieur présent entre la gaine extérieure MA1 et le support CP1 est naturellement rempli par n éléments formant chambres CA1-CAn. Un groupe de guides d'ondes lumineuses est disposé suivant une structure prédéterminée dans chaque élément formant chambre (comme représenté en CA11). Dans le présent exemple, la
20 structure ST1 est formée, dans le cas d'éléments formant chambres CA11, par une pile de petites bandes B11, B12 et B13 de guides d'ondes lumineuses, qui contiennent chacune quatre guides d'ondes lumineuses. La structure prédéterminée ST1 forme, en tant que ligne de jonction pour les guides d'ondes lumineuses situés respectivement à l'extérieur, une configuration rectangulaire.

25 En raison de l'opération de câblage de l'élément formant chambre CA11 sur le support CP1, les guides d'ondes lumineuses à l'intérieur de la structure ST1 sont soumis à différentes contraintes mécaniques. Il apparaît essentiellement les contraintes suivantes : contraintes de torsion, sous l'effet de l'enroulement le long de l'axe d'enroulement (= centre de CE1) ainsi que des
30 contraintes de flexion en raison du guidage courbe de la trajectoire de forme hélicoïdale. Ces contraintes sont d'autant plus intenses que la dilatation de la structure comportant les guides d'ondes lumineuses est importante dans la direction radiale et/ou dans la direction circonférentielle. Les guides d'ondes lumineuses, qui sont les plus à l'extérieur, sont particulièrement soumis à

contraintes, étant donné qu'ils sont la plupart du temps les plus éloignés, aussi bien du point de vue de la torsion que du point de vue de la flexion, d'un axe neutre (imaginaire) AX1, qui se situe approximativement au point d'intersection des diagonales de la structure ST1.

5 Des contraintes mécaniques plus intenses des guides d'ondes lumineuses provoquent (à partir d'une valeur limite déterminée encore admissible) un fort accroissement de l'affaiblissement de transmission des guides d'ondes lumineuses. Afin d'éviter une telle perturbation des guides d'ondes lumineuses dans la zone partielle particulièrement sollicitée, par exemple dans les coins
10 gauche et droit les plus extérieurs de la structure ST1, en cet endroit sont disposés des guides d'ondes lumineuses U111 et U114, qui sont représentés sous la forme de poinçons et qui sont particulièrement insensibles du point de vue mécanique. Au contraire, les guides d'ondes lumineuses E112 et E113, qui sont représentés par des anneaux circulaires et sont voisins des précédents, de la
15 petite bande extérieure B11 possèdent une sensibilité mécanique supérieure à celle des guides d'ondes lumineuses U111, U114. De cette manière, on peut éviter des accroissements trop intenses de l'affaiblissement par exemple sous l'effet de l'opération de câblage ou même en raison d'effets de microflexions.

Comme guides d'ondes lumineuses, qui sont également soumis à des
20 contraintes mécaniques accrues, il faut également considérer les deux guides d'ondes lumineuses U131 et U134, qui sont les plus extérieurs, de la petite bande la plus inférieure B13 de la pile ST1. Il peut par conséquent être approprié de prévoir également à cet effet des guides d'ondes lumineuses possédant une sensibilité mécanique particulièrement faible. Au contraire, les deux guides
25 d'ondes lumineuses E132 et E133, qui sont situés plus à l'intérieur, de la petite bande B13 de guides d'ondes lumineuses (étant donné qu'ils sont plus rapprochés de l'axe neutre de la structure ST1) sont soumis à une contrainte mécanique plus faible et par conséquent l'affaiblissement, qu'ils produisent, augmente à peine dans le cas d'une contrainte mécanique (par exemple dans le cadre d'une
30 opération de câblage.

La sélection des guides d'ondes lumineuses par exemple U111-U134, qui doivent posséder à l'intérieur d'une structure une sensibilité mécanique réduite, dépend des paramètres respectifs de l'agencement du câble et du processus de câblage. Par exemple, le pas de câblage, au moyen duquel les

différentes structures sont câblées, intervient par le fait que lorsque la longueur du pas de câblage diminue, il apparaît une contrainte mécanique accrue. En outre, les dimensions extérieures de la structure respective interviennent par le fait que dans le cas de structures plus étendues (c'est-à-dire un nombre plus important de guides d'ondes lumineuses à l'intérieur de la structure), la contrainte mécanique des différents guides d'ondes lumineuses augmente également dans les zones extérieures. C'est pourquoi, le nombre des guides d'ondes lumineuses à l'intérieur de la structure qui doivent par conséquent être conçus respectivement sous la forme de guides d'ondes lumineuses insensibles mécaniquement, par exemple U111-U134, dépend donc des données respectives et des caractéristiques de configuration qui sont propres à la structure respective. Dans le cas individuel, en dehors de considérations théoriques, on peut également déterminer de façon simple, le nombre et la position des guides d'ondes lumineuses respectivement particulièrement sollicités mécaniquement, à l'intérieur de la structure, grâce à un essai pratique, par le fait qu'en effet dans le cas d'un câble modèle, on détermine les guides d'ondes lumineuses qui, en raison par exemple de l'opération de câblage, sont le siège d'un accroissement de l'affaiblissement au-delà d'une valeur limite admissible.

Pour expliquer ce qui a été indiqué précédemment, on va se référer à la figure 2, sur laquelle on a représenté un câble optique OC2 possédant une enveloppe extérieure MA2, un élément CE2 résistant à la traction et un revêtement en matière plastique CP2 disposé sur cet élément. On a représenté ici une structure ST2 qui - pour l'obtention d'une capacité de transmission particulièrement élevée - est constituée par trois petites bornes différentes B21, B22 et B23 de guides d'ondes lumineuses, les petites bandes contenant, de l'extérieur vers l'intérieur, respectivement un nombre décroissant de guides d'ondes lumineuses. L'ensemble de l'espace intérieur de l'âme du câble est rempli par un nombre déterminé de telles structures et, dans le cas présent, pour simplifier la représentation on n'a représenté que la structure ST2 contenue dans un élément formant chambre CA21, tandis que pour les trois autres éléments formant chambres agencés de façon analogue, on n'a représenté que des encadrements.

Les petites bandes les plus extérieures B21 de guides d'ondes lumineuses contiennent 8 guides d'ondes lumineuses, auquel cas trois guides d'ondes lumineuses situés respectivement extérieurement à gauche et à droite

U211, U212 et U213 ainsi que U216, U217 et U218 sont soumis à des sollicitations mécaniques particulières et possèdent par conséquent une structure intérieure qui les rend particulièrement insensibles vis-à-vis de contraintes mécaniques. Au contraire, les guides d'ondes lumineuses E214 et E215, qui sont disposés plus au centre, ne sont pas trop éloignés de l'axe neutre AX2 de la structure ST2 et sont par conséquent moins sollicités mécaniquement. C'est pourquoi, pour ces guides d'ondes lumineuses, on ne peut utiliser aucun guide d'ondes lumineuses qui se caractérise par une sensibilité particulièrement faible de son comportement d'affaiblissement vis-à-vis de contraintes mécaniques.

Dans la seconde petite bande B22 de guides d'ondes lumineuses comportant au total 6 guides d'ondes lumineuses, les deux guides d'ondes lumineuses respectivement extérieurs de gauche et de droite U221, U222 et U225 et U226 sont agencés sous la forme de guides d'ondes lumineuses particulièrement moins sensibles du point de vue mécanique, tandis que les deux guides d'ondes lumineuses internes EP223 et E224, qui sont plus proches de l'axe neutre AX2, peuvent posséder une sensibilité supérieure vis-à-vis de contraintes mécaniques.

Dans le cas de la petite bande la plus basse LB23 de guides d'ondes lumineuses, qui comprend au total 4 guides d'ondes lumineuses, seuls les deux guides d'ondes lumineuses U231 et U234 situés extérieurement sont réalisés sous la forme de guides d'ondes lumineuses mécaniquement peu sensibles, tandis que les guides d'ondes lumineuses E232 et E233, qui sont situés plus à l'intérieur, peuvent posséder une sensibilité accrue vis-à-vis de contraintes mécaniques, étant donné qu'ils sont plus proches de l'axe neutre AX2.

A partir de la présente représentation schématique des figures 1 et 2, il est évident qu'à l'intérieur d'une structure, le nombre et la répartition des guides d'ondes lumineuses U211 à U234, qui sont moins sensibles mécaniquement, pourrait être choisi en fonction des contraintes mécaniques qui apparaissent de façon spécifique pour la structure respective ST1 ou ST2, auquel cas, dans le cas d'une distance plus importante par rapport à l'axe neutre AX1 ou AX2, il faut utiliser des guides d'ondes lumineuses moins sensibles du point de vue mécanique, alors que dans la zone formant noyau autour de l'axe neutre AX1 ou AX2, on dispose les guides d'ondes lumineuses E112 à E233, dont le comportement d'affaiblissement présente une sensibilité mécanique plus grande

vis-à-vis de contraintes mécaniques.

Dans le cas du dispositif de la figure 3, on a représenté un câble optique OC3, pour lequel on prévoit, autour d'un noyau central CE3 résistant à la traction, un corps en matière plastique plus étendu CP3, qui comporte des
5 chambres approximativement rectangulaires CA31 à CA3n et sur lesquelles on dispose une gaine extérieure MA3 - éventuellement moyennant l'insertion d'autres couches de revêtement et couches intercalaires non représentées ici. Les structures contenant des guides d'ondes lumineuses, par exemple sous la forme de piles de petites bandes sont disposées dans les évidements rectangulaires
10 hélicoïdaux CA31 à CA3n et dans le cas présent, seule une structure est représentée de façon détaillée et est désignée par ST3. Son agencement et sa composition correspondent à ceux de la figure 1, c'est-à-dire qu'il est prévu 4 guides d'ondes lumineuses respectifs U311 à U334 qui sont disposés respectivement au niveau des coins et qui sont particulièrement peu sensibles aux
15 contraintes mécaniques.

La figure 4 représente un élément de câblage OE, qui possède une couche extérieure de protection SH, à l'intérieur de laquelle est disposée une structure ST4 formée globalement de 16 guides d'ondes lumineuses. Ces 16 guides d'ondes lumineuses se répartissent, par 4, entre des petites bandes B41-
20 B44 de guides d'ondes lumineuses, les guides d'ondes lumineuses U411, U414, U441 et U444, disposés respectivement au niveau des angles, étant réalisés sous la forme de guides d'ondes lumineuses particulièrement peu sensibles à des contraintes mécaniques, tandis que les guides d'ondes lumineuses, qui sont situés plus à l'intérieur, sont représentés sous la forme de cercles et sont plus proches de
25 l'axe neutre AX4 de la structure ST4 et possèdent au contraire une sensibilité mécanique supérieure.

La sensibilité d'une fibre vis-à-vis de microflexions est décrite dans la littérature, par exemple dans Bell "Syst. Techn. Journal 55", 1976, pages 937 - 955. Sa détermination peut être réalisée par exemple selon le test dit "mesh wire
30 test", du type décrit par exemple dans International Wire and Cable Symposium" (IWCS) Proceedings 1989, pages 450. La sensibilité aux microflexions d'une fibre ou d'un guide d'ondes lumineuses peut être caractérisée notamment également par ce qu'on appelle la valeur MAC, telle que décrite dans IWCS, Proceedings 1988, pages 704 - 709. Ci-après, on va utiliser la valeur MAC pour expliquer les

relations. On a

$$\text{MAC} = \frac{\text{MFD}}{\lambda_{\text{ceff}}}$$

5 Comme le montre cette relation, la sensibilité à la flexion diminue (λ_{ceff} = longueur d'onde limite et fictive) lorsqu'on diminue le diamètre MFD du champ de mode. Des fibres optiques, qui possèdent une première valeur de réfraction définie pour la zone du noyau et une seconde valeur de réfraction définie pour la zone de la gaine, possèdent en général une valeur MAC égale
10 approximativement à 7,5. Lorsqu'on réduit la valeur MAC de 7,5 à environ 6,5 (par exemple en réduisant le diamètre MFD du champ de mode), la sensibilité aux microflexions diminue de plus du facteur 2 de sorte que de tels guides d'ondes lumineuses peuvent être soumis à des contraintes mécaniques accrues, sans qu'il se produise de ce fait des accroissements élevés indésirables de l'affaiblissement.
15 De tels guides d'ondes lumineuses possédant de faibles valeurs MAC (notamment inférieures à 7,4 et notamment inférieures à 7 et, encore mieux, même inférieures à 6,5) sont par conséquent particulièrement appropriés pour les guides d'ondes lumineuses U111 à U444 des figures 1 à 4. La différence des valeurs MAC entre des guides d'ondes lumineuses sensibles (E112 - E223) et des guides d'ondes
20 lumineuses insensibles (U111 - U444) devrait être égale de préférence au moins à 0,2 et de préférence être supérieure à 0,5 et, au mieux, être même supérieure à 1. Les valeurs précédentes sont rapportées à une valeur λ de 1300 nm.

Pour pouvoir obtenir l'insensibilité désirée des guides d'ondes lumineuses, on peut modifier de façon correspondante l'agencement des fibres
25 optiques. Ainsi, par exemple, un accroissement de la différence de l'indice de réfraction entre le noyau et la gaine des fibres optiques fournit une amélioration des caractéristiques de guidage des fibres et, par conséquent, une sensibilité réduite vis-à-vis de flexions. Avec une telle amélioration de la robustesse mécanique des fibres optiques, on obtient en général un léger accroissement de
30 l'affaiblissement, qui cependant est très inférieur à l'accroissement de l'affaiblissement d'une fibre optique sensible mécaniquement dans le cas d'une contrainte mécanique accrue.

Ci-après, on va indiquer les relations sous une formulation simplifiée, qui reproduit le comportement décrit précédemment.

Sur la figure 5, on a représenté les pertes par microflexion α en fonction de la valeur MAC, et ce pour une valeur $a = 4$ à $4,3$ mm (a = rayon du coeur) et une valeur D (différence normalisée des indices de réfraction) comprise entre $0,0033$ et $0,0039$ % (n_1 = indice de réfraction du coeur, n_2 = indice de réfraction de la gaine du guide d'ondes lumineuses).

$$\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2} \quad (2)$$

10 Paramètre V : (paramètre de structure)

$$V = \frac{2\pi}{\lambda} a \cdot n_1 \cdot \sqrt{2\Delta} \quad (3)$$

Diamètre du champ de modes

$$15 \quad MFD = 2a(0,65 + \frac{1,619}{V^{1,5}} + \frac{2,879}{V^6} + \dots) \quad (4)$$

Affaiblissement par dispersion de Rayleigh :

$$20 \quad \alpha_S = (0,585 + 66 \Delta n) \cdot \frac{1}{\lambda^4} \quad (5)$$

Pour les calculs suivants, on part des valeurs suivantes :

$$V_C = 2,405$$

$$\lambda_C = \lambda_{\text{ceff}} + 100 \text{ nm} \quad (\lambda_C = \text{longueur d'onde limite théorique})$$

$$25 \quad n_1 = 1,451; \text{ pour } \lambda = 1300 \text{ nm}$$

A partir de (1) à (4), on obtient :

$$30 \quad \Delta = \frac{1}{2\pi^2} \frac{\lambda_C \cdot V_C}{MAC \cdot \lambda_{\text{ceff}} \cdot n_1} \dots 0,65 + \frac{1,619}{\lambda_C V_C} + \frac{2,879}{\lambda_C V_C} + \dots$$

Si on convertit la différence normalisée Δ des indices de réfraction en

la différence Δn des indices de réfraction et qu'on l'introduit dans le résultat de (5), on obtient la dépendance, représentée sur la figure 6, de l'affaiblissement α_s (de Rayleigh) en fonction de λ_{ceff} , pour différentes valeurs MAC. La courbe K1 est valable pour MAC = 6,5, la courbe K2 est valable pour MAC = 7 et la courbe K3 est valable pour MAC = 7,5.

Sur la figure 6, on voit que même pour MAC = 6,5, l'affaiblissement kilométrique (pour 1300 nm) est encore inférieur à 0,4 dB/km. Par rapport à la valeur d'affaiblissement pour MAC = 7,5, l'affaiblissement est accru seulement d'environ $5 \cdot 10^{-2}$ dB/km. Cependant, la sensibilité aux microflexions a chuté beaucoup plus fortement.

Par conséquent, une telle fibre est appropriée notamment pour des positions de construction de câbles, dans lesquelles les fibres sont soumises à des microcintrages plus intenses.

La figure 7 représente des valeurs d'amortissement a des guides d'ondes lumineuses L1 - L12 de la petite bande supérieure, d'une petite bande médiane et de la petite bande inférieure d'une pile comportant 10 petites bandes de fibres, qui étaient situées dans un câble à profil en U représenté sur la figure 4. La ligne formée de tirets reproduit la valeur d'affaiblissement des petites bandes de fibres à l'état non chargé, c'est-à-dire que tous les guides d'ondes lumineuses L1 - L12 possèdent approximativement le même affaiblissement de 0,2 dB/km pour une longueur d'onde de 1550 nm. Si on utilise des fibres sensibles à la flexion, dans le cas de la contrainte décrite, par exemple dans le cas du câblage lui-même ou bien dans le cas d'un test interne d'alternance de température du câble, l'affaiblissement pour les deux guides d'ondes lumineuses L1 et L12 les plus extérieures de l'affaiblissement extérieur augmente fortement et se situe à des valeurs qui sont représentées par des cercles EL1 et EL12. L'accroissement de l'affaiblissement est égal par conséquent à environ 1,0 dB/km. On suppose une valeur MAC égale à 8,2. Si au contraire pour les deux guides d'ondes lumineuses L1 et L12, qui sont situés à l'extérieur, on utilise une fibre insensible à la flexion et ce avec une valeur MAC de 6,8, l'accroissement de l'affaiblissement dans les deux guides d'ondes lumineuses extérieur est nettement plus faible et atteint seulement les valeurs qui sont désignées par les points UL1 (environ 0,33 dB/km) et UL12 (environ 0,45 dB/km).

Grâce à l'utilisation selon l'invention de guides d'ondes lumineuses

moins sensibles à la flexion dans les zones critiques d'une structure, on peut par conséquent obtenir des améliorations importantes du comportement d'ensemble de la structure. De façon détaillée on peut :

- soit obtenir des valeurs d'affaiblissement globalement plus faibles tout en conservant la structure,
- soit admettre, dans le cas de valeurs prédéterminées d'affaiblissement, les paramètres défavorables de traitement (courbures plus fortes, longueurs plus faibles du pas d'enroulement),
- dans le cas de paramètres constants de traitement et d'un affaiblissement constant, on peut disposer un nombre accru de guides d'ondes lumineuses à l'intérieur d'une structure.

Par exemple, à l'intérieur d'une pile, on peut prévoir, à la place de seulement 6 guides d'ondes lumineuses à l'intérieur d'une petite bande, une structure d'empilage de 8 guides d'ondes lumineuses à l'intérieur d'une petite bande, sans que des valeurs de tolérance admissible soient dépassées.

Il est également possible de réaliser à l'intérieur d'une structure prédéterminée, tous les guides d'ondes lumineuses avec une faible sensibilité à la flexion, c'est-à-dire de les réaliser par exemple tous avec une valeur MAC inférieure à 7,4 et de préférence inférieure à 7 et éventuellement même inférieure à 6,5.

Des données pratiques, comme par exemple des prescriptions de dimensionnement devant être respectées, lors de la réalisation d'une structure possédant des guides d'ondes lumineuses moins sensibles mécaniquement, dans les zones, qui sont le plus fortement sollicitées à l'intérieur de la structure, ne peuvent éventuellement pas toujours être pris en compte. C'est pourquoi, dans une variante de réalisation de l'invention, il se pose le problème d'indiquer un moyen de réaliser une structure prédéterminée possédant des guides d'ondes lumineuses ayant des sensibilités mécaniques différentes, et ce de façon simple et en tenant compte dans une large mesure de données pratiques. Conformément à une première solution de la variante de réalisation, ce problème est résolu grâce au fait que le revêtement primaire des guides d'ondes lumineuses situés dans la zone d'une contrainte mécanique accrue possède une épaisseur de couche plus importante que le revêtement des guides d'ondes lumineuses dans la zone d'une contrainte mécanique plus faible.

Grâce à l'épaississement de la première enveloppe de revêtement (revêtement primaire) des guides d'ondes lumineuses respectivement dans la zone d'une contrainte mécanique accrue, ces guides d'ondes optiques sont moins fortement soumis à des influences de microflexions et/ou de macroflexions (désignées dans la littérature anglaise sous les expressions "microbending" et "macrobending"), qui pourraient conduire à des accroissements élevés inadmissibles de l'affaiblissement dans le comportement de transmission des guides d'ondes lumineuses. En effet, en raison de l'épaississement du revêtement primaire, on veille à obtenir avantageusement à une action d'affaiblissement supplémentaire par rapport à d'éventuelles contraintes mécaniques, notamment des contraintes de compression. En outre, de tels guides d'ondes lumineuses permettent un agencement variable différencié de la structure, que l'on peut adapter d'une manière particulièrement simple à des données pratiques. En effet, grâce au réglage désiré de l'épaisseur de couches primaires du guide d'ondes lumineuses respectif, on peut avantageusement tenir compte simultanément par exemple de conditions prédéterminées de place, de prescriptions de dimensionnement de la structure, de forces maximales admissibles de compression appliquées à chaque guide d'ondes lumineuses, etc., et ce d'une manière particulièrement simple lors de la réalisation de la structure.

Conformément à une seconde solution de la variante de réalisation, on résout le présent problème grâce au fait que le matériau du revêtement primaire des guides d'ondes lumineuses respectifs dans la zone d'une contrainte mécanique accrue est plus mou que celui des guides d'ondes lumineuses dans la zone d'une contrainte mécanique réduite.

Grâce à cette disposition avantageuse, on évite des affaiblissements de transmission élevés inadmissibles également pour des guides d'ondes lumineuses situés en des emplacements au niveau desquels il existe une contrainte mécanique accrue à l'intérieur de la structure. Pour un même diamètre extérieur, les guides d'ondes lumineuses soumis à une contrainte plus élevée et dont le revêtement primaire est formé par le matériau plus mou sont mieux rembourrés ou amortis mécaniquement que les guides d'ondes lumineuses moins sollicités. De cette manière on peut obtenir un agencement optimisé de la structure, qui peut être adressé à de multiples données.

Il est particulièrement avantageux de prévoir, pour le revêtement

primaire des guides d'ondes lumineuses plus fortement sollicités, une épaisseur primaire de couche (revêtement primaire) plus grande et simultanément un matériau plus mou pour le revêtement primaire que pour le guide d'ondes lumineuses moins chargé mécaniquement. Grâce à cette disposition combinée, on
5 peut construire d'une manière particulièrement simple une structure, qui satisfait à de multiples données comme par exemple des prescriptions de dimensionnement, une capacité de charge mécanique minimale (robustesse), des affaiblissements admissibles de passage pour chaque guide d'ondes lumineuses individuel, etc.

Dans le cas d'éventuelles contraintes, la pile ST1 de petites bandes
10 de la figure 1 prend appui essentiellement par les quatre fibres d'angle U111, U114, U131, U134 dans l'espace formant chambre. Éventuellement par exemple un cycle de température, un contrôle de la section ou un contrôle de la compression transversale peut conduire à un accroissement de l'affaiblissement de cette forme d'angle, c'est-à-dire que les fibres d'angle sont les plus sensibles dans
15 la pile.

On peut obtenir une insensibilité désirée des guides d'ondes lumineuses de la structure, de préférence dans leurs quatre zones d'angle, lorsqu'on modifie l'agencement de la gaine d'enveloppement (design du revêtement) des fibres optiques en des emplacements soumis à une contrainte
20 mécanique accrue, par rapport au design des fibres optiques dans la zone où la contrainte mécanique est plus faible. La figure 12 montre, pour illustrer l'agencement d'un guide d'ondes lumineux ZW1*, comment elle peut être utilisée par exemple pour les guides d'ondes lumineuses mécaniquement moins sensibles U111 à U134 de la structure ST1 de la figure 1. Le guide d'ondes lumineuses
25 SW1* de la figure 12 possède en son centre un coeur en verre optiquement conducteur CO, qui est entouré par un verre enveloppe (= "cladding" en anglais) CL de sorte qu'on obtient une fibre optique possédant un diamètre extérieur DF. Sur cette fibre optique, on met en place au moins un premier revêtement intérieur en matière plastique (= revêtement primaire) PC. Pour ce revêtement primaire PC,
30 on choisit de préférence un matériau mou comme par exemple de l'acrylate d'uréthane possédant un module d'élasticité compris entre 0,5 et 2,5 MPa. Ce revêtement primaire PC est à nouveau recouvert par au moins une seconde gaine enveloppante située plus à l'extérieur (= revêtement secondaire) SC. Pour ce revêtement secondaire SC, on choisit de préférence un matériau plus dur que pour

le revêtement primaire PC, comme par exemple de l'acrylate d'uréthane ou de l'acrylate silicone - acrylate époxy possédant un module d'élasticité compris entre 500 et 1500 MPa, afin d'éviter dans une large mesure des altérations de la surface extérieure du revêtement primaire PC et permettre de ce fait une poursuite fiable et sans problème du traitement des fibres optiques.

Pour rendre les guides d'ondes lumineuses aux emplacements où la contrainte mécanique est accrue, comme par exemple U111 à U134 de la figure 1 à l'intérieur de la structure ST1, de préférence moins sensibles mécaniquement à une contrainte de compression pouvant éventuellement agir, on réalise le revêtement de manière que ces conducteurs possèdent respectivement un revêtement primaire PC possédant une épaisseur de couche supérieure à celle des guides d'ondes lumineuses en des emplacements où la contrainte mécanique est plus faible, comme par exemple E112 à E133 sur la figure 1.

La raison en est que, en premier lieu, le revêtement primaire PC influe sur la sensibilité aux microflexions d'un guide d'ondes lumineuses, comme cela est indiqué dans "International Wire and Cable Symposium Proceedings" (IWCS), 1993, pages 389 à 390. De préférence, le revêtement primaire PC des guides d'ondes lumineuses comme par exemple U111 à U134 dans la zone d'une contrainte mécanique de compression plus intense, possède une épaisseur de couche de 1,5 à 4 et notamment de 2 à 3 plus élevée que dans les guides d'ondes lumineuses tels que par exemple E112 à E133 de la figure 1 dans la zone d'une contrainte mécanique plus faible. Pour le revêtement primaire PC des guides d'ondes lumineuses moins sensibles mécaniquement, on préfère choisir une épaisseur de couche comprise entre 20 et 50 μm et notamment entre 30 et 40 μm . Sous l'effet de l'épaississement du revêtement primaire PC de préférence mou, on augmente son action de rembourrage ou de tampon de sorte que des contraintes de compression, venant éventuellement à se manifester et appliquées à la fibre optique respective sont affaiblies et on obtient globalement un guide d'ondes lumineuses plus robuste.

La fibre optique, pourvue du revêtement primaire PC, du guide d'ondes lumineuses LW1* de la figure 12 possède de préférence un diamètre extérieur DPC qui est 1,1 à 1,5 et notamment 1,2 à 1,4 fois supérieur à celui des guides d'ondes lumineuses plus sensibles mécaniquement, comme par exemple E112 à E133 de la figure 1. De préférence, le diamètre extérieur DPC est choisi

entre 165 et 250 μm et notamment entre 170 et 200 μm . Le revêtement secondaire SC dans les guides d'ondes lumineuses U111 à U134 de la figure 1, qui possèdent une sensibilité mécanique plus faible, possède une épaisseur de couche qui est approximativement égale ou 1,1 à 2 fois supérieure à celle du revêtement
 5 secondaire du guide d'ondes lumineuses 212 à 233 de la figure 1, qui possèdent une capacité de charge mécanique plus faible. L'épaisseur de la couche pour le revêtement secondaire SC est choisie de préférence entre 10 et 40 μm et notamment entre 20 et 30 μm . Le guide d'ondes lumineuses LW1*, qui mécaniquement résiste mieux à la contrainte de compression, possède par
 10 conséquent un diamètre extérieur global DLW, qui est 1,2 à 1,8 et notamment 1,2 à 1,5 fois plus important que dans le cas des guides d'ondes lumineuses E112 à E133 moins sensibles mécaniquement, de la figure 1. De préférence, le diamètre extérieur total DLW est choisi entre 200 et 300 μm et notamment entre 200 et 250 μm .

15 Pour illustrer l'influence du revêtement primaire PC sur la sensibilité aux microflexions du guide d'ondes lumineuses respectif, on indique à titre d'exemple, dans le tableau 1 mentionné ci-après, cinq variantes différentes de revêtement T1 à T5 de guides d'ondes lumineuses, qui ont été soumis à ce qu'on appelle un test dit "mesh wire -Test", du type décrit par exemple dans
 20 "International Wire and Cable Symposium" 5IWCS) Proceedings, 1989, pages 450. Pour le type respectif de guides d'ondes lumineuses T1 à T5, on indique de façon détaillée respectivement le diamètre extérieur total DLW, le diamètre DF de la fibre optique, le diamètre extérieur DPC de la fibre optique recouverte du revêtement primaire PC ainsi que, pour le revêtement primaire PC et le revêtement
 25 secondaire SC, leurs modules d'élasticité associés.

Tableau 1

	DLW [μm]	DPC [μm]	DF [μm]	Variante de revêtement	Module E de PC [MPa]	SC [MPa]
30	180	150	125	T1	1,6	1530
	200	150	125	T2	1,6	1530
	200	165	125	T3	1,6	1530
	245	205	125	T4	2,6	690
	245	190	125	T5	1,6	580

Sur la figure 13, on a représenté à titre d'exemple, pour les cinq différents guides d'ondes lumineuses recouverts T1 à T5, respectivement les pertes dues aux microflexions (pertes d'affaiblissement α^*) en dB/kg de contraintes de compression en fonction de la valeur respective dite MAC pour une longueur d'onde de 1550 nm pour une gamme MA de préférence entre 6,5 et 8,5. La valeur MAC caractérise de préférence la sensibilité aux microflexions d'une fibre ou d'un guide d'ondes lumineuses, comme dans IWCS, Proceedings 1988, pages 704 - 709. Ci-après, on va utiliser la valeur MAC pour expliquer la relation. On a :

$$\text{MAC} = \frac{\text{MFD}}{\lambda_{\text{ceff}}}$$

Comme le montre cette formule, la sensibilité à la flexion diminue (λ_{ceff} = longueur d'onde limite effective) lorsqu'on réduit le diamètre MFD du champ de mode du guide d'ondes lumineuses respectif. La droite de mesure, qui est repérée par T1* sur la figure 13, pour la variante de revêtement T1 du tableau 1 reproduit les conditions d'affaiblissement sur la base de pertes par microflexion dans le cas d'un guide d'ondes lumineuses monomode EL en fonction de la valeur MAC. Par rapport à cette première variante de revêtement T1, dans le cas de la seconde variante de revêtement T2, le revêtement secondaire est augmenté d'environ 20 μm , ce qui conduit, dans le diagramme d'affaiblissement de la figure 13, à une droite de mesure T2*, qui est située seulement légèrement au-dessous de la droite de mesure T1*. Au contraire, on peut obtenir une réduction ou une diminution nettement plus importante de l'affaiblissement de transmission en épaississant la couche de revêtement primaire. Ceci est valable par exemple pour la variante de revêtement T3, dont la droite de mesure T3* est située à une distance d'environ 0,05 dB/kg (1 unité de grandeur de mesure) au-dessous de la droite de mesure T2* et s'étend approximativement parallèlement à cette dernière.

Sur la figure 13, on a en outre représenté, pour la variante de revêtement T4 du tableau 1, la droite de mesure T4*, qui s'étend nettement au-dessous de la courbe de mesure T3* et est plus plate que cette dernière. La variante de revêtement T4 est caractérisée surtout par une épaisseur de couche du revêtement primaire (DPC - DF = 80 μm), qui est nettement supérieure à celle du type de revêtement T3. Simultanément, on choisit ici dans l'exemple de

réalisation, pour ce revêtement secondaire PC, un matériau possédant un module d'élasticité plus faible, notamment inférieur de plus de moitié. Dans le cas de ce type de revêtement T4, on peut obtenir une réduction supplémentaire des valeurs d'affaiblissement, ce qui se traduit par une droite de mesure T4*, qui est moins
5 pentue que la courbe de mesure T3*, dans la gamme importante des valeurs MAC comprises entre 6,5 et 8,5. Enfin, dans le cas de la variante de revêtement T5, on peut rendre le guide d'ondes lumineuses presque indépendant d'une contrainte extérieure de compression, dans une gamme de valeurs de mesure MAC comprise entre 6,5 et 8,5. Ceci est obtenu de préférence grâce au fait que le
10 module d'élasticité du revêtement primaire PC est réduit par rapport au module d'élasticité du type T4. Ceci se traduit par une courbe de mesure T5*, qui s'étend au-dessous de la courbe de mesure de T4*, approximativement conformément à une constante.

En plus ou en fonction de l'augmentation de l'épaisseur de la couche
15 de revêtement primaire dans les guides d'ondes lumineuses, qui sont positionnés en des emplacements présentant une contrainte mécanique, notamment une contrainte de compression, accrue, comme par exemple U111 à U134 de la figure 1, on peut réaliser ces guides d'ondes lumineuses également de manière qu'ils soient éventuellement moins sensibles à la compression, c'est-à-dire plus
20 robustes, par le fait qu'on choisit pour leur revêtement primaire PC, un matériau plus mou que pour les guides d'ondes lumineuses, par exemple E112 à E133, dans la zone d'une contrainte mécanique plus faible à l'intérieur de la structure ST1 de la figure 1. C'est pourquoi, de préférence les guides d'ondes lumineuses tels que U111, U134 de la figure 1 possèdent, dans la zone d'une contrainte
25 mécanique accrue, un revêtement primaire PC possédant un module d'élasticité qui soit plus faible, autant que cela est possible, que celui des guides d'ondes lumineuses respectivement dans la gamme d'une contrainte mécanique plus faible. En particulier, pour le revêtement primaire PC des guides d'ondes lumineuses U111 à U134 de la figure 1, qui sont soumis à une contrainte plus intense, on
30 choisit un matériau 1 à 5 fois et notamment 1 à 2,5 fois plus mou que celui des guides d'ondes lumineuses E112 à E133 de la figure 1 respectivement dans la gamme d'une contrainte mécanique plus faible. Pour le revêtement primaire PC des guides d'ondes lumineuses U111 à U134 de la figure 1 qui sont soumis à une contrainte plus intense, on choisit d'une manière particulièrement préférable un

module d'élasticité 1 à 5 fois et notamment 1 à 2,5 fois plus faible que pour les guides d'ondes lumineuses dans la gamme de contraintes plus faibles. De façon appropriée, les guides d'ondes lumineuses plus robustes U111 à U134 de la figure 1 possèdent un module d'élasticité compris entre 0,5 et 3, notamment entre 1 et 2 MPa. En outre ou indépendamment de cette disposition, on peut éventuellement agencer également les guides d'ondes lumineuses dans la gamme d'une contrainte de compression plus intense, de manière qu'ils soient insensibles à la compression en choisissant, pour le revêtement secondaire, un matériau plus dur que celui utilisé pour les guides d'ondes lumineuses soumis à une compression moins intense. De préférence, on choisit pour le module d'élasticité pour le revêtement secondaire des guides d'ondes lumineuses plus robustes U111 à U134, une valeur comprise entre 1 et 2,5 fois et notamment entre 1 et 2 fois plus élevée que le module d'élasticité dans le cas des guides d'ondes lumineuses E112 à E113 mécaniquement plus sensibles. De préférence, le revêtement secondaire pour les guides d'ondes lumineuses U111 à U134 mécaniquement plus stables à la pression possède un module d'élasticité compris entre 500 et 1600 MPa et notamment entre 800 et 1500 MPa. Le revêtement secondaire agit par conséquent avantageusement en tant que gaine protectrice de sorte que des forces extérieures peuvent être transmises par le revêtement secondaire SC, sur une certaine étendue en surface, au revêtement intérieur (revêtement primaire) PC.

L'influence du module d'élasticité du revêtement secondaire est par conséquent sensiblement négligeable par rapport à celui du revêtement primaire.

Les guides d'ondes lumineuses possédant les variantes de revêtement T3 à T5 indiquées dans le tableau 1 possèdent par conséquent, dans une gamme de valeurs MAC comprises entre environ 6,5 et 8,5, des pertes par microflexion plus faibles que des guides d'ondes lumineuses dimensionnés de façon usuelle, conformément à la variante de revêtement T1. Des guides d'ondes lumineuses modifiés de cette manière sont par conséquent positionnés de préférence aux emplacements de la structure ST1 de la figure 1, au niveau desquels d'éventuelles contraintes de compression peuvent agir.

Dans l'exemple de réalisation de la figure 1, ce sont de préférence les quatre positions d'angle entre la pile de petites bandes. Cependant, il peut être également particulièrement fiable de prévoir, respectivement dans la pile de petites bandes de la figure 1, pour toutes les petites bandes B11, B12 et B13, des guides

d'ondes lumineuses ainsi insensibles à la compression, respectivement dans les positions d'angle.

La figure 8 représente à titre d'exemple, en tant que module de base de la structure ST1 de la figure 1, une petite bande BL1 de guides d'ondes lumineuses. Cette petite bande BL1 occupe de préférence simplement la place de la petite bande B13 située au niveau le plus bas et/ou de la petite bande B11 située au niveau le plus élevé de la pile de bandes (structure ST1) de la figure 1. Les autres petites bandes, qui sont disposées entre les précédentes, peuvent au contraire être des petites bandes agencées de façon usuelle comportant chacune le même type de guides d'ondes lumineuses. Mais, contrairement à cela, toutes les petites bandes du type de BL1, c'est-à-dire du même type, peuvent être également présente dans la pile ST1 de la figure 1. Cette variante présente l'avantage consistant en ce que l'on peut utiliser des appareils uniformes d'épissure multiples.

La petite bande BL1 se compose d'une petite bande standard GB de guides d'ondes lumineuses possédant une enveloppe extérieure en matière plastique plate AH1, approximativement rectangulaire, ainsi que respectivement au moins un autre guide d'ondes lumineuses supplémentaire LW1* ou LWn*. Ce dernier est disposé séparément respectivement extérieurement sur le petit côté arrondi de la petite bande standard GB dans la direction longitudinale à l'aide d'un agent de liaison VM sur l'enveloppe extérieure AH1. n guides d'ondes lumineuses LW1 à LWn, qui sont enserrés dans l'enveloppe extérieure H1 de la petite bande standard GB, sont par conséquent limités latéralement par deux guides d'ondes lumineuses séparés LW1* et LWn*, de sorte que l'on obtient une petite bande BL1, qui est élargie par rapport à la petite bande standard GB. Les guides d'ondes lumineuses LW1 à LWn sont logés en position centrée, le long d'une ligne de liaison rectiligne imaginaire, dans l'enveloppe extérieure AH1, tandis que les deux guides d'ondes lumineuses LW1* et LWn* prolongent des deux côtés, sans enveloppe extérieure de protection, la droite imaginaire de liaison. Les guides d'ondes lumineuses supplémentaires séparés LW1*, LWn* sont représentés sur la figure 8 avec un diamètre supérieur à celui des guides d'ondes lumineuses LW1 à LWn de la petite bande standard GB. Ceci est censé indiquer que l'on prévoit de préférence, comme guides d'ondes lumineuses LW1* ou LWn* sur la figure 8, des guides d'ondes lumineuses, tels qu'ils ont été expliqués précédemment, notamment pour les guides d'ondes lumineuses U111 à U134 de la figure 1. De

préférence, le revêtement primaire des deux guides d'ondes lumineuses LW1* à LWn* possède une épaisseur de couche plus importante que dans le cas des guides d'ondes lumineuses LW1 à LWn, qui sont disposés à l'intérieur et par conséquent sont moins sollicités en compression (par conséquent par exemple
5 notamment des guides d'ondes lumineuses) dont le revêtement correspond au type T3 du tableau 1. Naturellement, on peut également utiliser les autres types de guides d'ondes lumineuses mentionnés précédemment (indices de réfraction différents pour le noyau et le cycle de l'enveloppe, ou valeurs MAC différentes) ainsi que des types de revêtement pour les guides d'ondes lumineuses LW1*,
10 LWn*, qui sont moins sensibles vis-à-vis d'éventuelles contraintes de compression, c'est-à-dire par exemple de préférence des guides d'ondes lumineuses qui ont des revêtements correspondant aux types T3, T4 et T5 du tableau 1. Comme moyen de liaison VM pour les guides d'ondes lumineuses LW1*, LWn*, on choisit de préférence une colle, un revêtement usuel en forme de bandelette ou un autre
15 moyen adhésif.

Sur la figure 8, les guides d'ondes lumineuses LW1*, LWn*, qui limitent latéralement la petite bande standard GB, agissent à la manière d'un système de protection de flanc pour les guides d'ondes lumineuses intérieurs LW1 à LWn. Ils sont placés par conséquent directement aux emplacements, à savoir
20 aux extrémités de la petite bande BL1, qui sont les plus fortement soumis à une contrainte de compression qui apparaît, éventuellement, à l'intérieur de la petite bande BL1. Étant donné que dans la petite bande BL1 de la figure 1, seuls les guides d'ondes lumineuses LW1*, LWn* les plus à l'extérieur possèdent de préférence un revêtement primaire qui est respectivement épaissi, on peut
25 cependant respecter globalement pour les petites bandes approximativement les mêmes cotes que celles que possède une petite bande standard comportant $n+2$ guides d'ondes lumineuses de même type à l'intérieur de l'enveloppe extérieure AH1. De cette manière, on obtient une petite bande BL1 particulièrement compacte, qui possède deux types différents de guides d'ondes lumineuses : des
30 guides d'ondes lumineuses LW1-LWn qui sont moins stables vis-à-vis d'une compression et qui sont situés dans la zone intérieure définie par l'enveloppe extérieure AH1, ainsi qu'au moins deux guides d'ondes lumineuses LW1*, LWn*, qui sont plus stables vis-à-vis de la compression et sont situés dans la zone extérieure, qui est soumise à d'éventuelles contraintes, au niveau des petits côtés

de la petite bande standard GB. Cette petite bande BL1 se caractérise par conséquent par une densité d'entassement relativement élevée ainsi que par une fabrication particulièrement simple. En outre, lors de la fabrication, on peut obtenir avantageusement une position plus uniforme des fibres dans la petite bande.

5 Dans le cas de la petite bande BL2 de guides d'ondes lumineuses de la figure 9, et ce à la différence de la petite bande BL1 de la figure 8, les deux guides d'ondes lumineuses LW1, LWn* sont intégrés respectivement dans les positions d'angle des petits côtés de l'enveloppe extérieure H1. Les guides d'ondes lumineuses LW1*, LW2* forment par conséquent, avec leur contour
10 extérieur, un petit côté arrondi pour la petite bande BL2. (Les éléments tirés sans aucun changement de la figure 8 sont désignés, sur la figure 9, par les mêmes chiffres de référence). Les guides d'ondes lumineuses LW1*, LW2* possèdent chacun approximativement un diamètre extérieur qui correspond à l'épaisseur de la petite bande, de sorte qu'ils forment une sorte de système de fermeture pour les
15 petits côtés de l'enveloppe extérieure AH1.

Contrairement à la petite bande BL2 de la figure 9, sur la figure 10, les deux guides d'ondes lumineuses LW1*, LWn* sont maintenant complètement intégrés dans une enveloppe extérieure AH2, c'est-à-dire qu'ils sont situés conjointement avec les guides d'ondes lumineuses L1 à Ln à l'état entièrement
20 noyé dans la matière plastique de l'enveloppe extérieure. De cette manière on obtient une petite bande BL3 de guides d'ondes lumineuses, qui possède un agencement sensiblement homogène en rapport avec son enveloppe extérieure H3 étant donné que également ses fibres d'angle sont entourées par cette enveloppe de protection.

25 Enfin la figure 11 représente une disposition supplémentaire ou indépendante concernant les types de petites bande B11 à B13 conformément à la figure 1, ainsi que les types de petites bandes BL1 à BL3 conformes aux figures 8 à 10 : la petite bande respective à guides d'ondes lumineuses est entourée par un autre revêtement supplémentaire (coating). Sur la figure 11, par exemple la petite
30 bande BL1 de la figure 8 est complètement entourée par un autre revêtement BC. La petite bande BL1 est indiquée, uniquement à titre de simplification, par un encadrement approximativement rectangulaire. Pour conserver la lisibilité, on n'a pas représenté de hachures pour le revêtement de la petite bande et pour la petite bande BL1. Comme revêtement supplémentaire de petite bande, on choisit de

préférence un matériau, qui possède un module d'élasticité plus faible, de préférence 1 à 5 fois plus faible, que l'enveloppe extérieure déjà existante AH1 de la petite bande. De préférence, le revêtement supplémentaire de la petite bande possède un module d'élasticité compris entre 50 et 500 N/mm.

- 5 L'autre revêtement BC de la petite bande forme par conséquent une couche d'amortissement ou couche tampon supplémentaire autour de l'ensemble de la petite bande BL1. Éventuellement, on peut prévoir des additifs lubrifiants dans et entre le revêtement supplémentaire BC de la petite bande et l'enveloppe
- 10 extérieure de la petite bande BL1 ou dans le revêtement supplémentaire même de la petite bande, afin de réduire le frottement entre les petites bandes d'une pile. Par conséquent, des contraintes apparaissant dans la pile peuvent être avantageusement réduites au moyen d'une compensation de surlongueurs/sous-longueurs locales dans le câble (câble lors d'une flexion). Par conséquent, sur la
- 15 figure 11, il s'agit d'une petite bande formée de deux couches, dont la couche de revêtement supplémentaire BC fournit une action supplémentaire d'amortissement vis-à-vis de contraintes de compression. En particulier, l'épaisseur de couche de revêtement supplémentaire BC de la petite bande est choisie entre 10 et 40 mm et notamment entre 20 et 320 mm. Des dimensions indiquées ci-après conviennent de préférence dans la pratique :
- 20 a) diamètre extérieur des guides d'ondes lumineuses LW1*, LW2*, compris entre 0,245 et 0,300 mm;
- b) diamètre extérieur des guides d'ondes lumineuses LW1 à LWn, compris entre 0,180 et 0,245 mm;
- c) épaisseur totale des petites bandes (y compris le revêtement supplémentaire BC
- 25 de petites bandes) λ ($\triangleq$ hauteur totale), comprise entre 0,245 et 0,32 mm.

La figure 14 représente, à titre d'exemple, les conditions d'amortissement pour une pile rectangulaire de petites bandes comprenant seize petites bandes superposées et qui sont respectivement du même type conforme à l'invention que celles qui ont été décrites par exemple en référence aux figures 1 à

30 13, par rapport à une pile à 16 petites bandes, qui comporte des petites bandes superposées d'un type usuel possédant des guides d'ondes lumineuses respectifs ayant une sensibilité identique vis-à-vis de contraintes mécaniques de compression. Dans le diagramme de la figure 14, on a représenté respectivement les valeurs relatives de mesure d'affaiblissement $\tilde{\alpha}$ en dB/km pour la première

position, les deux positions centrales (c'est-à-dire les huitième et neuvième positions) ainsi que la dernière position des fibres de la petite bande inférieure et de la petite bande supérieure formées de guides d'ondes lumineuses. Les valeurs de mesure relatives pour la petite bande la plus élevée dans la pile de petites bandes agencée conformément à l'invention sont caractérisées respectivement par un carré noir, tandis que les valeurs de mesure relatives pour les petites bandes inférieures sont caractérisées par un carré vide, c'est-à-dire blanc. Des mesures relatives pour les guides d'ondes lumineuses de la petite bande la plus élevée de la pile usuelle de petites bandes sont symbolisées par un cercle noir, tandis que les valeurs de mesure pour la petite bande inférieure sont symbolisées par un cercle vide, c'est-à-dire blanc. Les valeurs de mesure d'affaiblissement au niveau des angles de la pile de petites bandes conforme à l'invention, c'est-à-dire au niveau de la première position et de la seizième position de fibres de la petite bande supérieure et de la petite bande inférieure sont situées chacune nettement au-dessous des valeurs relatives de mesure d'affaiblissement (voir les cadres avec $\alpha = 8,9$; $\alpha = 4,0$; $\alpha = 6,12$; $\alpha = 5,3$) des guides d'ondes lumineuses dans les positions d'angle de la pile de petites bandes, à structure usuelle. Étant donné que par conséquent au moins dans le cas de la petite bande la plus élevée et de la petite bande la plus basse, il est prévu respectivement à l'extérieur, c'est-à-dire au moins dans les positions d'angle de la pile de petites bandes, des guides d'ondes lumineuses respectifs, qui sont moins sensibles vis-à-vis d'éventuelles contraintes de compression que dans les zones moins sollicitées de la structure de la pile de petites bandes, on peut obtenir une réduction importante de l'affaiblissement de transmission des guides d'ondes lumineuses dans les positions d'angle de la pile de petites bandes. On obtient notamment une réduction de l'accroissement de l'affaiblissement, d'un facteur 2 à 12, pour un même diamètre de câble par rapport à des piles de petites bandes comportant des petites bandes standards. En outre, le diagramme d'affaiblissement de la figure 14 montre clairement que pour les guides d'ondes lumineuses situés dans les positions centrales de fibres, c'est-à-dire par exemple au niveau des huitième et neuvième positions de fibres dans la petite bande respective, dans le cas de la pile de petites bandes conforme à l'invention ainsi que dans le cas de la pile usuelle de petites bandes, possèdent approximativement le même affaiblissement de transmission. Des positions locales de fibres restent par conséquent dans une large mesure exemptes de

microflexions à l'intérieur de la structure. De préférence, on peut, grâce à l'agencement selon l'invention de la pile de petites bandes avec les structures de base correspondant aux figures 1 à 11 et notamment aux figures 8 à 11, obtenir des valeurs de mesure d'affaiblissement inférieures à 0,3 dB/km pour $\lambda = 1550$ nm, et ce également pour les guides d'ondes lumineuses situés dans la position d'angle de la pile ST1 de petites bandes de la figure 1. Les positions moyennes des fibres dans la petite bande respective peuvent être occupées de préférence par des guides d'ondes lumineuses, qui possèdent une sensibilité accrue aux microflexions, étant donné qu'elles sont moins soumises à un risque d'éventuelles contraintes de compression.

On obtient une structure particulièrement robuste par rapport à d'éventuelles forces de compression dans le cas où toutes les petites bandes des guides d'ondes lumineuses de la structure ST1 de la pile de la figure 1 sont remplacées par des petites bandes identiques de guides d'ondes lumineuses d'une même forme de réalisation, par exemple de préférence conformément aux figures 1 à 11 et notamment aux figures 8 à 11, c'est-à-dire que la pile est constituée avec des petites bandes de même type. Alors, les guides d'ondes lumineuses, qui sont moins sensibles mécaniquement, sont situés sur un cadre extérieur rectangulaire imaginaire, qui entoure les autres guides d'ondes lumineuses intérieurs, dans la zone soumise à un risque moins grand.

Des petites bandes agencées de cette manière conformément aux figures 1 à 11 et notamment 8 à 11 conviennent pour de nombreuses applications dans la technique des guides d'ondes lumineuses, et ainsi par exemple pour leur insertion dans les compartiments d'un faisceau à compartiments (câble à compartiments) (voir figure 3), d'un câble profilé en U (voir figure 1) ou également d'un câble en faisceau (voir figure 4).

REVENDICATIONS

1. Câble optique (OC1) comportant plusieurs guides d'ondes lumineuses, qui sont disposés dans au moins un groupe possédant une structure prédéterminée (ST1), les différents guides d'ondes lumineuses à l'intérieur de la structure (ST1) étant soumis respectivement à des contraintes mécaniques différentes, caractérisé par le fait que des guides d'ondes lumineuses (U111 à U114; E111 à E133) possédant des sensibilités mécaniques différentes sont prévus à l'intérieur de la structure (ST1), et que des guides d'ondes lumineuses possédant une sensibilité mécanique réduite (U111 à U134) sont disposés dans une ou plusieurs zones de la structure prédéterminée (ST1), dans lesquelles apparaissent des contraintes mécaniques accrues.

2. Câble optique suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que des guides d'ondes lumineuses possédant une sensibilité mécanique réduite (U111, U112) sont disposés à l'intérieur d'une structure (ST1) à un endroit où des guides d'ondes lumineuses sont situés à la plus grande distance de l'axe neutre (AX1) devant être associé à la structure.

3. Câble optique suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que des guides d'ondes optiques, qui sont situés à une distance minimale prédéterminée de l'axe neutre (AX1) de la structure (ST1), sont réalisés sous la forme de guides d'ondes lumineuses possédant une sensibilité mécanique réduite (U111 à U134).

4. Câble optique suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que dans le cas de structures possédant une ligne de jonction formant un coin, entre les guides d'ondes lumineuses situés à l'extérieur, les guides d'ondes lumineuses (U111-U134), qui sont situés dans les zones des coins de la structure (ST1), possèdent une sensibilité mécanique réduite.

5. Câble optique suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait que les guides d'ondes lumineuses possédant la sensibilité

mécanique réduite (U111 à U134) possèdent une valeur MAC plus faible que les autres guides d'ondes lumineuses, la valeur MAC étant définie par

$$\text{MAC} = \frac{\text{MFD}}{\lambda_{\text{ceff}}}$$

5 λ_{ceff}

MFD désignant le diamètre du champ de mode des fibres conductrices de lumière et λ_{ceff} désignant la longueur d'onde limite effective.

6. Câble optique suivant la revendication 5, caractérisé par le fait que pour des guides d'ondes lumineuses possédant une sensibilité mécanique réduite
10 (U111 à U134), pour $\lambda = 1300$ nm, on choisit des valeurs MAC inférieures à 7,4.

7. Câble optique suivant l'une des revendications 5 ou 6, caractérisé par le fait que les guides d'ondes lumineuses sensibles (E112 à E133) et les guides d'ondes lumineuses insensibles (U111 à U134) ont des valeurs MAC qui diffèrent d'au moins 0,5 et de préférence d'au moins 1.

15 8. Câble optique suivant l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé par le fait que des guides d'ondes lumineuses situés à l'intérieur d'une structure (ST1), qui en raison de la disposition de la structure dans le câble terminé, subiraient un accroissement d'affaiblissement dépassant une valeur limite admissible, sont remplacés par des guides d'ondes lumineuses possédant une
20 sensibilité mécanique réduite (U111 à U134).

9. Câble optique suivant l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé par le fait que la structure (ST1) est disposée à l'intérieur d'un élément à chambre en forme de U (CA1), qui est réunie à d'autres éléments de ce type.

10. Câble optique suivant l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé par le fait que la structure (ST2) est logée à l'intérieur d'un élément à
25 chambre (CA21), qui possède une section transversale approximativement trapézoïdale.

11. Câble optique suivant l'une des revendications 1 à 9, caractérisé par le fait que la structure est disposée à l'intérieur d'un corps profilé (CP3), qui
30 comporte des renforcements en forme de chambres (CA31 - CA3n).

12. Câble optique suivant l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé par le fait que la structure (ST4) est logée à l'intérieur d'une enveloppe de protection fermée (SH) et que plusieurs éléments de câblage de ce type peuvent être réunis pour former une âme de câble.

13. Câble optique suivant l'une quelconque des revendications 5 à 12, caractérisé par le fait que tous les guides d'ondes lumineuses de la structure possèdent des valeurs MAC inférieures à 7,4 et de préférence inférieures à 7.

5 14. Câble optique suivant l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé par le fait que les guides d'ondes lumineuses (U111 à U134) possèdent, dans la zone d'une contrainte mécanique accrue, un revêtement primaire (PC) ayant une épaisseur de couche plus importante que pour les guides d'ondes lumineuses (E112 à E133) dans la zone d'une contrainte mécanique inférieure.

10 15. Câble optique suivant la revendication 14, caractérisé par le fait que les guides d'ondes lumineuses (U111 à U134) possèdent, dans la zone d'une contrainte mécanique accrue, un revêtement primaire (PC) ayant une épaisseur de couche 1,5 à 4 et notamment 2 à 3 fois plus grande que dans le cas des guides d'ondes lumineuses (E111 à E133) dans la zone d'une contrainte mécanique plus
15 faible.

16. Câble optique suivant l'une des revendications 14 et 15, caractérisé par le fait que le revêtement primaire des guides d'ondes lumineuses (U111 à U134) dans la zone d'une contrainte mécanique accrue, possède une épaisseur de couche comprise entre 0,02 et 0,05 mm et notamment entre 0,03 et
20 0,04 mm.

17. Câble optique suivant l'une des revendications 1 à 16, caractérisé par le fait que le revêtement primaire (PC) des guides d'ondes lumineuses respectifs (U111 à U134) dans la zone d'une contrainte mécanique accrue sont constitués par un matériau plus mou que dans le cas des guides d'ondes
25 lumineuses (E111 à E133) dans la zone d'une contrainte mécanique réduite.

18. Câble optique suivant la revendication 17, caractérisé par le fait que pour les guides d'ondes lumineuses (U111 à U134) le matériau du revêtement primaires (PC) est 1 à 5 fois et notamment 1 à 2,5 fois plus mou pour les guides d'ondes lumineuses (U111 à U134) dans la zone d'une contrainte mécanique
30 accrue que pour les guides d'ondes lumineuses (E112 à E133) dans la zone d'une faible contrainte mécanique.

19. Câble optique suivant l'une des revendications 17 ou 18, caractérisé par le fait qu'on choisit comme matériau pour le revêtement primaire (PC) des guides d'ondes lumineuses (U111 à U134) dans la zone d'une contrainte

mécanique accrue, l'acrylate d'uréthane possédant un module d'élasticité compris entre 0,5 et 2,5 MPa.

20. Câble optique suivant l'une quelconque des revendications 1 à 19, caractérisé par le fait que les guides d'ondes lumineuses (par exemple E111, E112, E113, E114) sont disposés dans une petite bande (par exemple B11) de guides d'ondes lumineuses, qui fournit la structure, et que des guides d'ondes lumineuses (par exemple U111, U114), qui sont situés à l'extérieur, possèdent à l'intérieur de la structure en forme de petite bande une sensibilité mécanique plus faible que des guides d'ondes lumineuses (par exemple E112, E113) qui sont situés plus à l'intérieur.

21. Câble optique suivant la revendication 19, caractérisé par le fait que plusieurs petites bandes de guides d'ondes lumineuses sont réunies pour former une pile formant la structure (ST1).

22. Câble optique suivant l'une des revendications 19 ou 20, caractérisé par le fait que la petite bande (par exemple BL1) du guide d'ondes lumineuses est formée par une petite bande standard (GB) comportant des guides d'ondes lumineuses (LW1 à LWn), sur les petits côtés de laquelle est disposé extérieurement, en supplément, respectivement au moins un guide d'ondes lumineuses (par exemple LW1*, LWn*) possédant une sensibilité mécanique inférieure à celle des guides d'ondes lumineuses (LW1 à LWn), situés à l'intérieur, de la petite bande standard (GB).

23. Câble optique suivant la revendication 21, caractérisé par le fait que les guides d'ondes lumineuses (LW1*, LWn*) disposés en supplément latéralement, sont reliés respectivement par un moyen de liaison (VM) au petit côté de la petite bande (BL).

24. Câble optique suivant la revendication 19 ou 20, caractérisé par le fait que les guides d'ondes lumineuses (LW1*, LW2*) possédant une sensibilité mécanique réduite occupe respectivement les positions d'angle dans la petite bande (BL2) et ferme en cet endroit, en direction de l'extérieur, l'enveloppe extérieure (AS2) de cette petite bande.

25. Câble optique suivant l'une des revendications 19 ou 20, caractérisé par le fait que les guides d'ondes lumineuses (LW1*, LW2*) possédant une sensibilité mécanique réduite sont insérés dans les positions d'angle de la petite bande (BL3), à l'intérieur de l'enveloppe extérieure (H3) de cette bande.

26. Câble optique suivant l'une quelconque des revendications 19 à 24, caractérisé par le fait que la petite bande respective de guide d'ondes lumineuses (par exemple BL1, BL2 ou BL3) est entourée respectivement par une couche supplémentaire de protection (BC).

5 27. Câble optique suivant l'une quelconque des revendications 1 à 26, caractérisé par le fait qu'une pile formant la structure (ST1) est constituée avec des petites bandes respectives de même type (BL1, BL2, BL3) de guide d'ondes lumineuses, conformément aux revendications 19 à 25.

10 28. Câble optique suivant l'une quelconque des revendications 14 à 25, caractérisé par le fait qu'une pile formant la structure (ST1) comporte uniquement à sa partie la plus basse et à sa partie la plus élevée une petite bande de guide d'ondes optiques (BL1, BL2, BL3), conformément aux revendications 19 à 25.

1 / 6

FIG 1

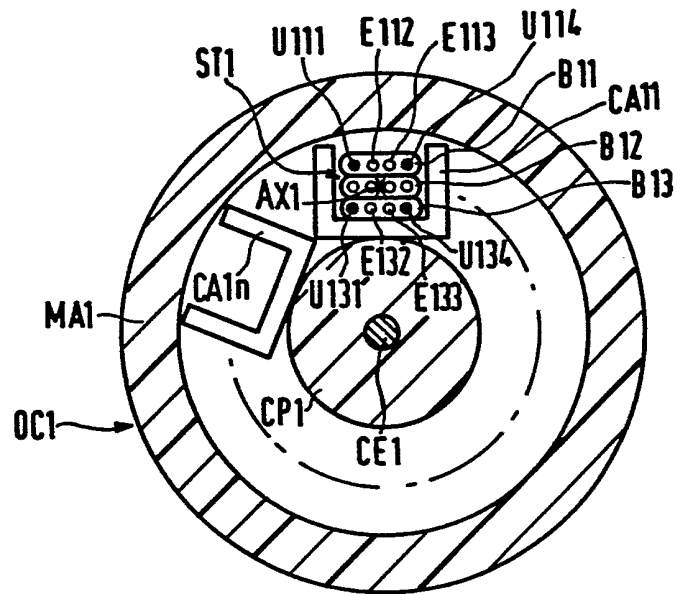
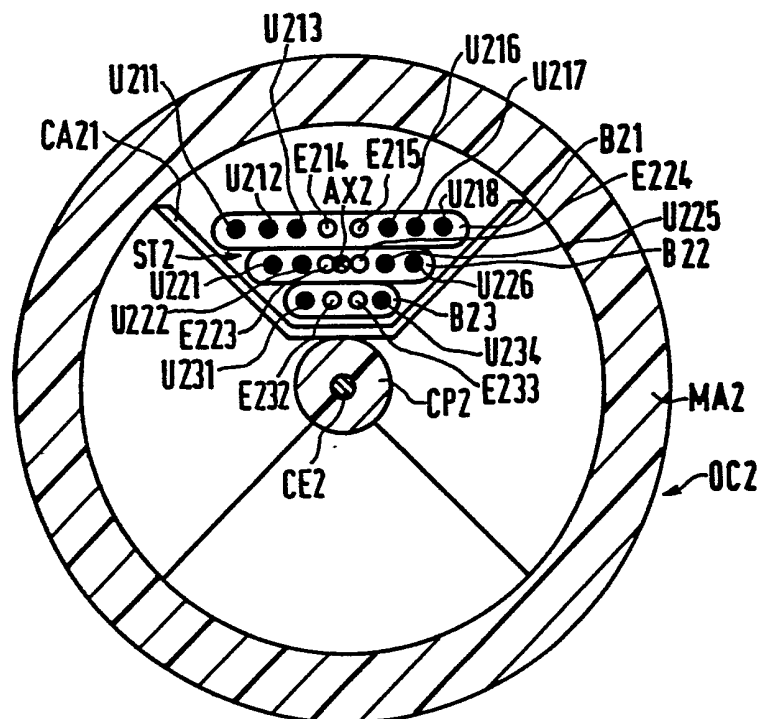
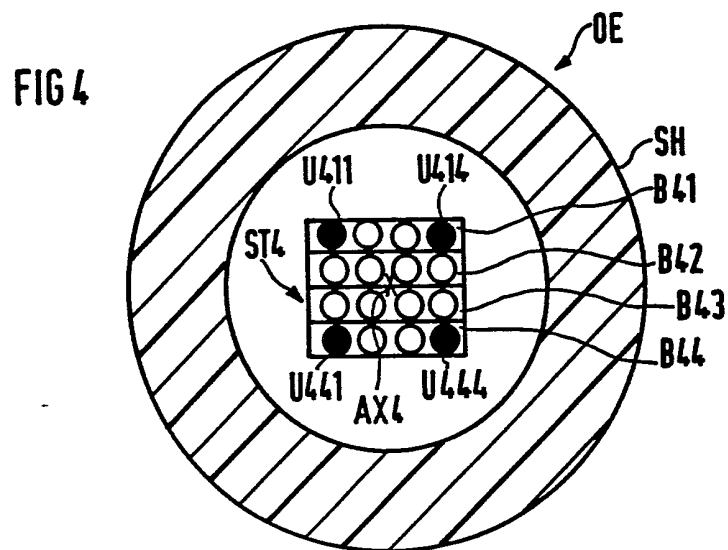
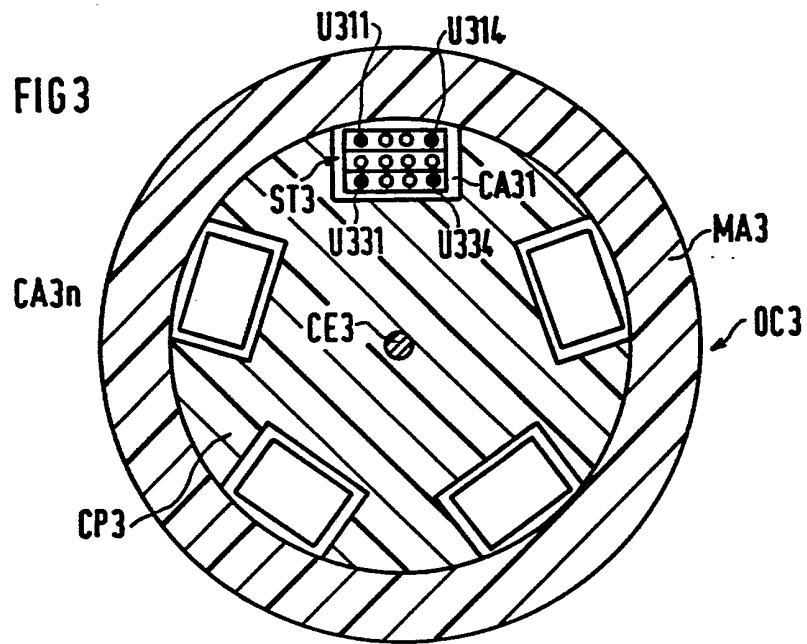


FIG 2



2/6



3/6

FIG 5

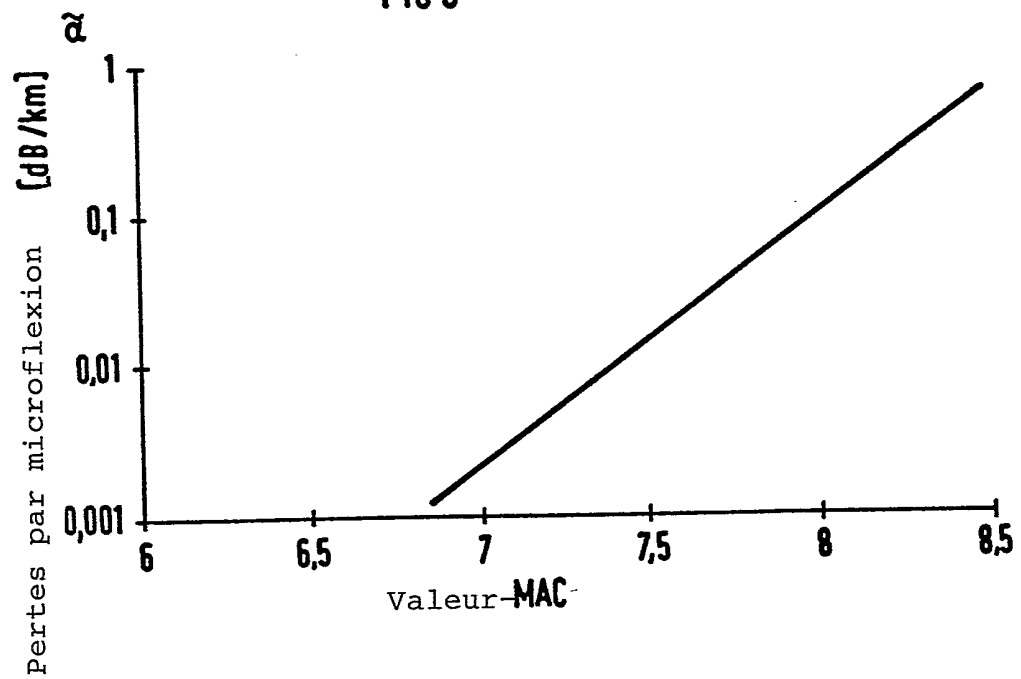
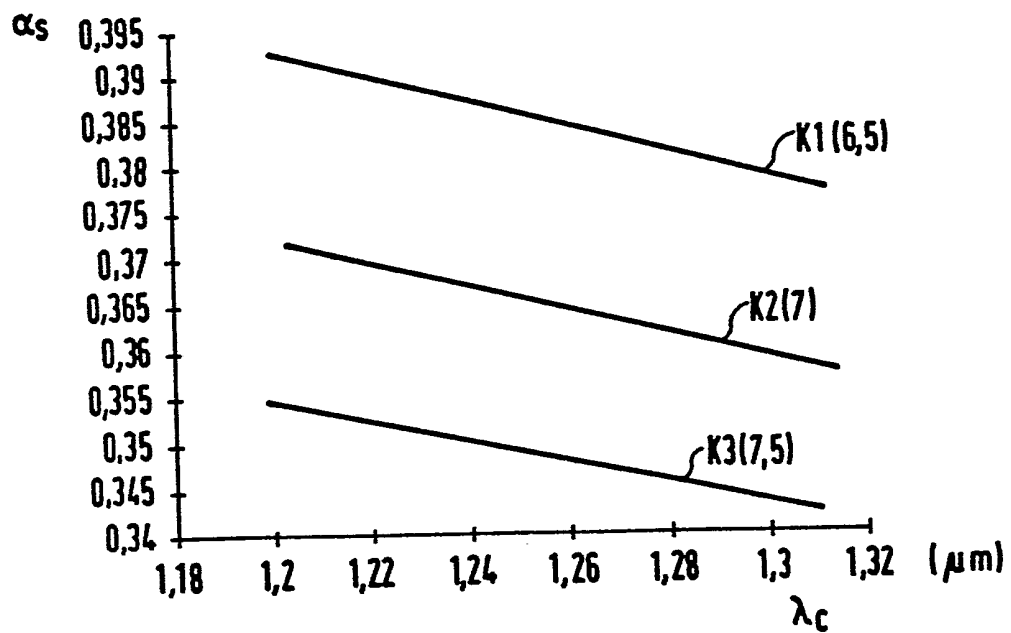
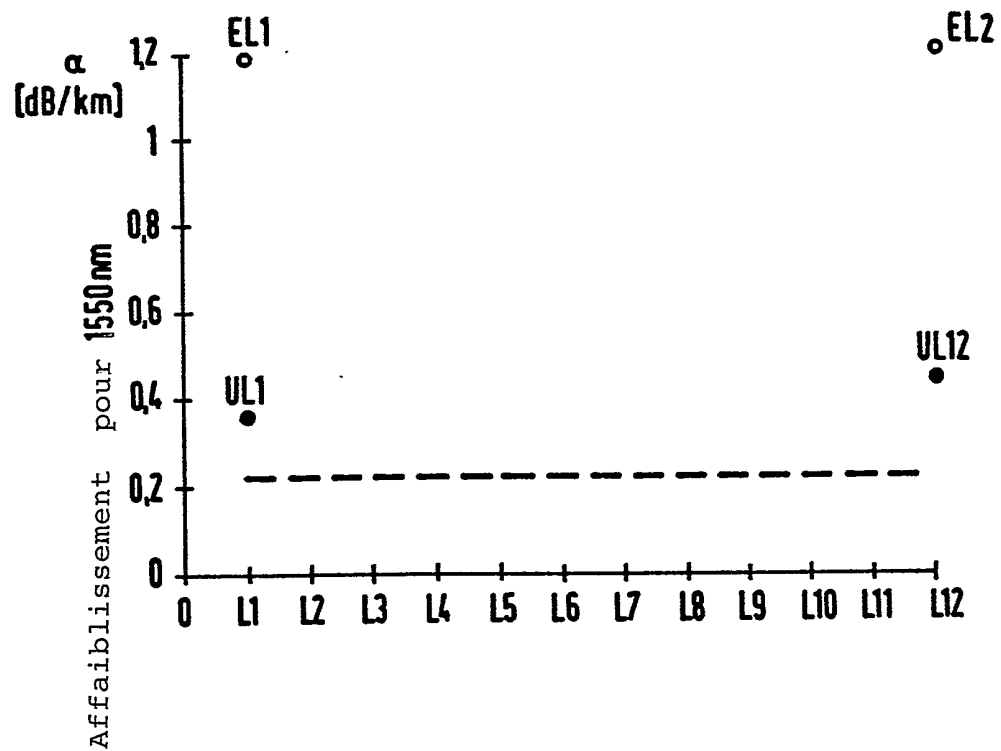


FIG 6



4 / 6

FIG 7



5/6

FIG 8

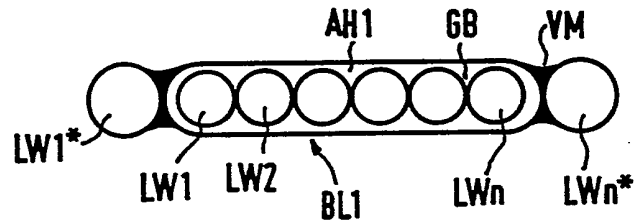


FIG 9

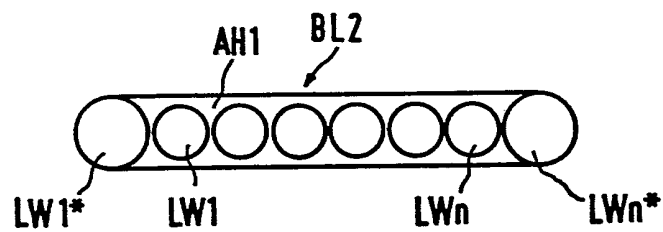


FIG 10

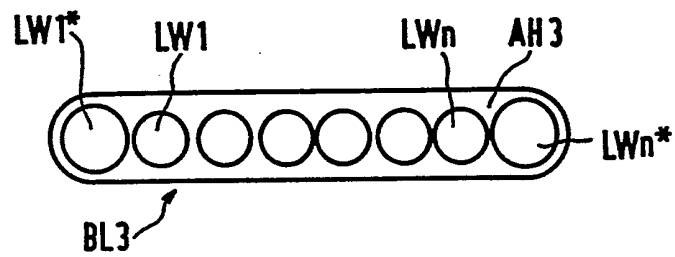
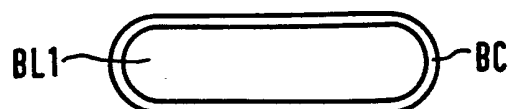


FIG 11



6/6

FIG 12

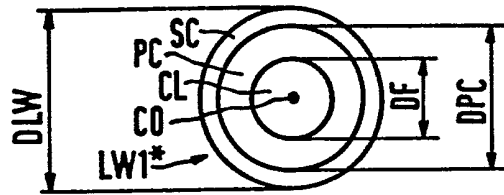


FIG 13

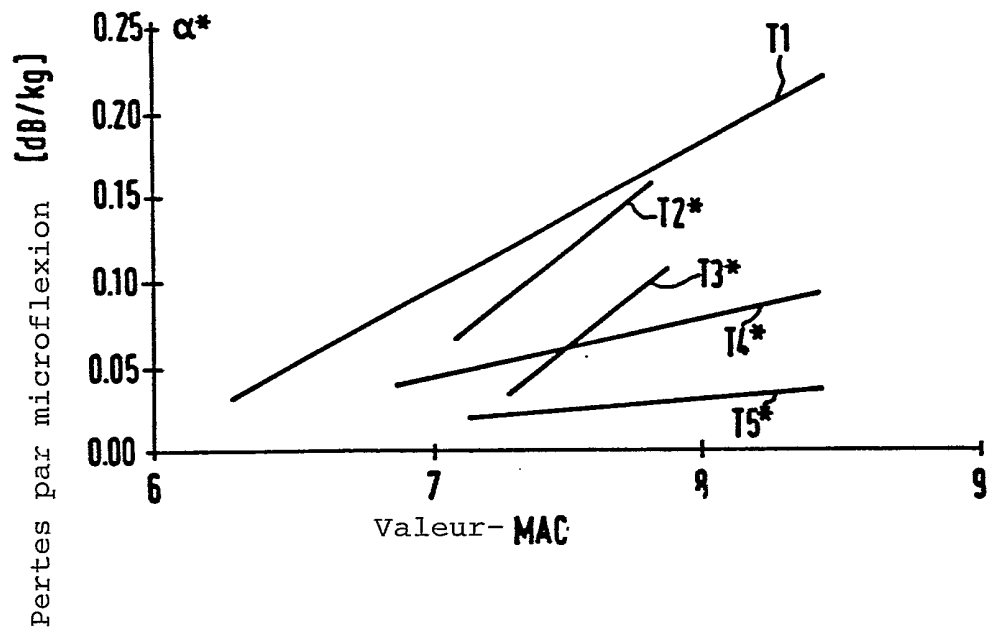


FIG 14

